

KUIVATUSVIIRAN PESUJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Powerflute Oyj, Savon Sellu

Pasi Riikonen
Jari Kontkanen

Opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulututkinto



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Pasi Riikonen, Jari Kontkanen	
Työn nimi Kuivatusviiran pesujärjestelmän kehittäminen	
Päiväys 20.05.2011	Sivumäärä/Liitteet 77 + 23
Ohjaaja(t) Lehtori, Pertti Kupiainen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Powerflute Oyj, Savon Sellu	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän työn tarkoituksena oli kehittää ja suunnitella kuivatusviiran pesujärjestelmä Powerflute Oyj Savon Sellun kartonkikoneen kuivatusosalle. Pesujärjestelmästä tehtiin malli, joka on mahdollista monistaa kaikille kuivatusosan kuivatusryhmien kuivatusviiroille. Suunnittelussa hyödynnettiin jo ennestään toimeksiantajalta löytyviä järjestelmässä tarvittavia komponentteja.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kuivatusviiran korkeapainepesuun parhaiten soveltuvia korkeapainesuuttimia ja pesuparametreja Metso Fabrics Oy:n testisimulaattorin avulla.</p> <p>Oikein valitut korkeapainesuuttimet ja pesuparametrit auttavat pidentämään paperi- ja kartonkikoneilla käytettävien kudoksien elinikää, vähentävät tuotantokatkoja sekä optimoivat vedenkulutusta. Korkeapainesuihkujen toimivuudella ja kudosten pesutuloksella on merkittävä rooli paperi- ja kartonkikoneiden ajattavuuteen sekä energiatehokkuuteen.</p> <p>Työn tuloksena saatiin kehitettyä optimaalisen kuivatusviiran pesujärjestelmän lisäksi suunnitelman sen toteuttamista varten. Säännöllisellä pesujärjestelmän käytöllä tulee olemaan merkittäviä hyötyjä kartongin valmistuksessa sekä energiatehokkuudessa. Järjestelmä maksaa itsensä takaisin hyvin lyhyellä aikavälillä.</p> <p>Parhaimman hyödyn saavuttamiseksi pesujärjestelmä tulee monistaa kaikille kuivatusryhmien kuivatusviiroille pitämään kudokset puhtaina ja säilyttämään niiden toimintakykynsä.</p>	
Avainsanat Kuivatusviira, pesujärjestelmä	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Pasi Riikonen, Jari Kontkanen			
Title of Thesis Development of the Dryer Fabric Cleaning System			
Date	May 20, 2011	Pages/Appendices	77 + 23
Supervisor(s) M.Sc, Pertti Kupiainen			
Project/Partners Powerlute Oyj, Savon Sellu			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this study was to develop a dryer fabric cleaning system that extends the life of dryer fabrics. In addition, production efficiency was to be improved by reducing steam consumption in the dryer section.</p> <p>This thesis consists of a general part, a cleaning test part and a design part. In the experimental part the effects of washing parameters on washing performance were studied. Dryer fabrics get contaminated to some degree when being used. The contamination reduce paper and board machine runnability, air permeability and affect board quality. A dirty fabric will lead to problems such as sheet breaks, holes, wrinkles and particularly loss of drying capacity. The benefits of the dryer fabric cleaning are significantly improved fabric life and production efficiency as well as lowering production costs. As no other part of the papermaking process consumes as much energy as drying even minor savings in the steam consumption of dryers may result in significant production cost savings. Therefore all dryer fabrics should be periodically cleaned so that their original properties remain as long as possible.</p> <p>The tests have proved that even a small amount of contamination can reduce dryer fabric permeability. In this case, it is not unusual for dryer fabrics to be completely plugged. The best time for oscillating high pressure water showering is during sheet breaks or shutdowns. The results showed that the permeability of the dryer fabrics plays an important role in dryer section runnability and drying capacity. Therefore the cleaning systems should be installed in the machine in different dryer sections. In this case efficient cleaning might double even triple the dryer fabric lifetime.</p>			
Keywords dryer fabric, cleaning system, permeability, contamination, runnability			

ESIPUHE

Tämä työ on tehty Powerflute Oyj, Savon Sellun Kuopion kartonkitehtaalle tammi- ja kesäkuun välisenä aikana keväällä 2011.

Haluamme kiittää Savon Sellun koko henkilökuntaa saamastamme tuesta ja opastuksesta. Erityisesti haluamme kiittää Operating Manager Martti Laatikaista sekä Technical Manager Riiko Ahosta kärsivällisyydestä loputonta kyselyä ja sähköpostivirtaa kohtaan.

Lisäksi haluamme kiittää Metso Fabrics Oy Juankosken märkäviiratehtaan laboratorion henkilökuntaa yhteistyöstä ja avusta opinnäytetyön testipesuosiossa. Erityiskiitokset osoitamme laboratoriopäällikkö Hannu Martikaiselle simulaattoritilojen käyttöön annosta sekä kannustuksesta.

Kuopiossa 20.5.2011

Pasi Riikonen

Jari Kontkanen

TERMIEN SELITYKSET

Huuva	Paperikoneen kuivatusosaa kattava suojavaippa.
Kuivatusviira	Tasomainen muovikudos, joka tukee rainaa paperin kuivatuksessa.
Moshin kovuus	Mohsin kovuusasteikko on yksinkertainen tapa luokitella mineraalien kovuus. Asteikko ei kuitenkaan ole tarkka eikä suoraan verrannollinen mineraalin tai materiaalin todelliseen kovuuteen, vaan on lähinnä suuntaa antava. Asteikon kovempi mineraali naarmuttaa pehmeämpää.
Oskillaattori	Laite muuntaa moottorin pyörivän liikkeen oskilloinniksi.
Parametri	Lukuarvo tai ominaisuus.
Perälaatikkosulppu	Perälaatikkomassa
Retentio	Paperin ja kartongin valmistuksessa ns. viiraretentio kertoo viiralle syötetystä massasta rainaan jääneen osan. Retentio on tärkeä viiraosan tehokkuuden mittari.
Sellu	Sellu on paperimassaa, joka on valmistettu puuhakkeista kemiallisella massanvalmistusmenetelmällä, esimerkiksi sulfaattimenetelmällä.
Superkalanterointi	Paperin kiillottaminen monitelaisella kiillotuskalanterilla, jolla muokataan paperin paksuutta, karheutta ja kiiltoa

SISÄLTÖ

TERMIEN SELITYKSET

1	JOHDANTO.....	10
2	POWERFLUTE OYJ, SAVON SELLU.....	11
2.1	Kartonkikone	12
2.1.1	Perälaatikko	12
2.1.2	Viiraosa	13
2.1.3	Puristinosa	14
2.1.4	Kuivatusosa	15
2.1.5	Konerullain	17
2.2	Kuivatusviirat	19
2.3	Kuivatusviiran ilmanläpäisykyky.....	22
2.4	Tukkeutuneen kuivatusviiran aiheuttamat ongelmat tuotannossa	23
2.4.1	Pihka	24
2.4.2	Tahmot.....	25
2.4.3	Pihkalateksit.....	26
2.4.4	Muita ongelma-aineita	26
2.5	Energiatalous	26
2.6	Tukkeutuneen kuivatusviiran vaikutus kartonkikoneen energiatalouteen.....	28
3	PESUSIMULAATTORIKOKEET	30
3.1	Metso Fabrics Oy	30
3.2	Testipesut.....	31
3.3	Kuivatusviirojen valmistelu pesuja varten.....	31
3.4	Testipesusimulaattori	34
3.4.1	Testatut suuttimet	36
3.4.2	Pesuparametrit	37
3.5	Pesutulokset.....	38
3.5.1	Suuttimet.....	38
3.5.2	Kuivatusviirojen pesupuoli	39
3.5.3	Pesuetäisyys.....	39
3.5.4	Pesukulma	40
3.5.5	Pesupaine	40
4	PESUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	42
4.1	Kuivatusviiran pesujärjestelmän rakenne	42
4.2	Materiaalivalinnat ja varautuminen korroosioon	43
4.3	Tilasuunnittelu	45
4.4	Hyödynnettävät komponentit	46
4.5	Suihkuputki.....	48

4.5.1 Oskillointinopeus.....	50
4.5.2 Oskillointipituus	51
4.6 Korkeapainesuuttimet.....	52
4.6.1 Korkeapainesuuttimien kuluminen.....	55
4.7 Liankeruukaukalo	56
4.8 Putkilinjat	57
4.9 Puhdistuskemikaalin levitysjärjestelmä.....	58
5 MUUT HUOMIOITAVAT ASIAT	60
5.1 Käytettävän pesuveden laatu ja määrä.....	60
5.2 Huollettavuus	61
5.3 Työturvallisuus.....	62
5.4 Kustannussäästöt pesujärjestelmän johdosta	63
5.5 Asennusohjeet.....	64
6 TULOKSET	66
6.1 Pesuparametrit	66
6.2 Kemikaalinlevitysjärjestelmä	72
6.3 Pesujärjestelmästä saatavat kustannussäästöt.....	72
6.4 Järjestelmän toteutus	73
7 YHTEENVETO	74
LÄHTEET	76

LIITTEET

Liite 1 Mikroskooppikuvat kuivatusviiroista

Liite 2 Korkeapainesuihkuputken mittalehti, STAMM

Liite 3 Powerflute Oyj, Savon Sellu – työturvallisuusohje

Liite 4 Testipesuosion mittauspöytäkirja

Liite 5 Piirustukset kuivatusviiran pesujärjestelmästä

1 JOHDANTO

Kartongin kuivatus tapahtuu höyrylämmitteisillä sylintereillä. Höyryä kartongin kuivatukseseen kuluu n. 1,6 tn tuotettua kartonkitonnia kohden. Rainan kuivatus on suuri kustannustekijä kartonginvalmistuksessa. Voidaan sanoa, että kuivatuksen osuus koko kartonkikoneen energiakustannuksista on n. 60–70 %. Tämän vuoksi energian kulutuksen vähentäminen kartonkikoneen kuivatusosalla on yksi keskeisimmistä tehtävistä pyrittäessä lisäämään kartongin valmistuksen tuotantotehokkuutta.

Kuivatusviirat joutuvat kuivatusprosessissa alttiiksi monenlaisille likapartikkeleille riippuen käytettävistä raaka-aineista. Kuivatusviirujen pysyminen avonaisina on erityisen tärkeää kuivatusprosessissa, jossa rainan lämpötila on noussut ja höyrystyminen tehostunut. Ongelmana Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneen kuivatusosalla on ollut kuivatusviirujen tukkeutuminen lyhyellä aikavälillä erilaisista likapartikkeleista.

Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on aikomuksena suunnitella ja tehdä mahdollisimman tehokas, optimaalisesti toimiva, helposti huollettava ja kustannuksiltaan edullinen kuivatusviiran pesujärjestelmä. Pesujärjestelmä suunnitellaan Savon Sellun kartonkikoneen kuivatusosalle hyödyntäen jo olemassa olevia pesujärjestelmässä tarvittavia komponentteja. Pesujärjestelmän tulisi olla monistettavissa kaikille kartonkikoneen kuivatusosan kuivatusryhmille pidentämään kuivatusviirujen elinikää.

Kuivatusviiran pesujärjestelmään suunnitellaan myös mahdollisuus integroida puhdistuskemikaalin levitysjärjestelmä, jolla pyritään estämään likapartikkeleiden ja tahmojen kiinnitarttuminen kuivatusviiraan ajon aikana. Levitysjärjestelmän avulla viirat pysyvät pidempään puhtaana ja avonaisena, koska kemikaali estää lian tarttumisen viiran pintaan. Hyvällä pesujärjestelmällä säästetään energia- ja kuivatusviiran hankintakustannuksissa.

Opinnäytteen testipesuosiossa tutkimme pesusimulaattorilla optimaalisia pesuparametreja kuivatusviirujen pesuun. Tutkimukset osoittivat, että pesuetaisyydellä, pesupaineella ja pesukulmalla on olennainen merkitys tehokkaan kuivatusviirujen pesutuloksen saamiseksi.

2 POWERFLUTE OYJ, SAVON SELLU

Powerflute Oyj:n Savon Sellun tehdas sijaitsee Kuopion Sorsasalossa. Tehtaassa tehdään aallotuskartonkia eli flutingia. Pääraaka-aineena on koivu (720 000 m³ / v). Lisäksi kartongin valmistuksessa käytetään kierrätyspahvia eli klippingsiä sekä hylkyä. Tuotantokapasiteetti kartonkikoneella on n. 300 000 tn/v. Valtaosa valmistetusta flutingista menee vientiin.

Savon Sellun tehdas aloitti tuotannon vuonna 1968. Tuona vuonna se tuotti flutingia 110 000 tn. Vuonna 1979 aallotuskartongin tuotanto oli noin 148 000 tn, eli tuotanto oli noussut jo kolmanneksen. Savon Sellu fuusioitiin vuonna 1984 Metsäliittoon. Vuonna 2001 Savon Sellu liittyi Metsäliiton perustamaan tytäryhtiöön M-realiin. 2005 Savon Sellu koki muutoksen omistajan muutoksen vuoksi ja siirtyi ulkomaisten yksityissijoittajien omistukseen. Savon Sellu Oy:n omistaa 100 %:sti emoyhtiö Powerflute Oyj, joka on noteerattu Lontoon AIM-listalla sekä OMX:n First North-listalla.

Savon Sellulla on työntekijöitä tällä hetkellä 42 + 141. Suurin osa työntekijöistä työskentelee tuotannossa.



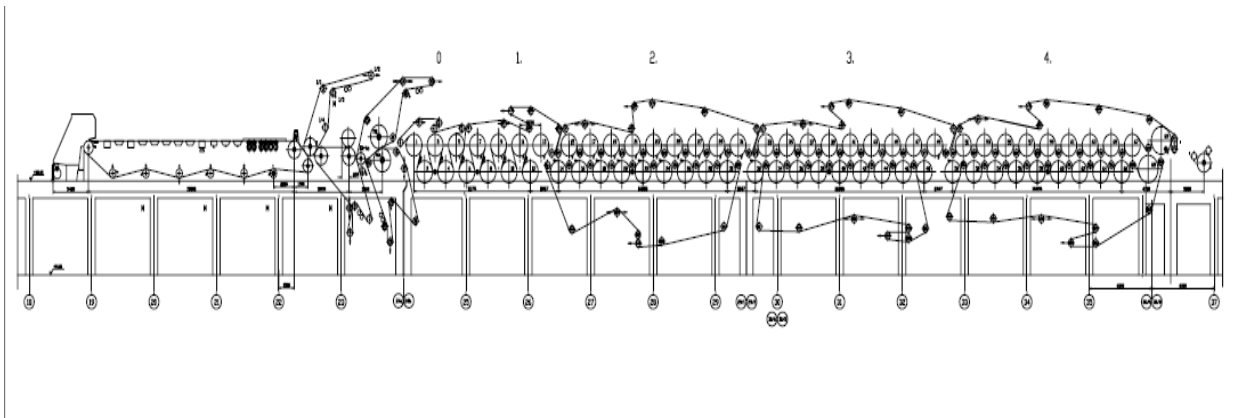
KUVA 1. Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkitehdas (Powerflute Oyj, Savon Sellun yleisesittely 2009).

2.1 Kartonkikone

Kartonkikone on kone, jolla valmistetaan kartonkia. Kartonkikoneen erottaa paperikoneesta muun muassa lopputuotteen neliömassa ja käyttötarkoitus. Kartongin neliömassat sijoittuvat välille 105–600 g/m².

Kartonkikone muodostuu perälaatikosta, viiraosasta, puristinosasta, kuivatusosasta sekä rullaimesta. Kartonkikoneen rainanmuodostusosaan kuuluu perälaatikon syöttöputkisto, perälaatikko ja viiraosa. Kartonkikoneeseen kuuluu myös puristinosaa ja kuivatusosa. Viimeisenä osana kartonkikoneeseen kuuluu konerullain, eli kiinnirullain.

Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikone on leveydeltään 7,463 m ja tuotantokapasiteetti n. 300 000 tn/v. Koneen kuivatusosalla on 69 kuivatussylinteriä, jotka takaavat kartongin kuivumisen ennen kiinnirullausta.



KUVA 2. Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneen layout-piirros (Oy Botnia Mill Service Ab)

2.1.1 Perälaatikko

Perälaatikko sijaitsee niin sanotun lyhyen kierron ja viiraosan välissä. Prosessin lyhyellä kierrolla tarkoitetaan paperin ja kartongin valmistuksen sitä prosessin osaa, jossa massaa laimennetaan ja puhdistetaan paperi- ja kartonkikoneen viirakaivon ja perälaatikon välillä. Lyhyessä kierrossa laimennetaan konesäiliön sakeamassa perälaattikkosakeuteen ja lisäksi lyhyen kierron tehtäviin kuuluu muun muassa vaimentaa ja tasata perälaattikkoon tulevia häiriöimpulsseja, puhdistaa massan epäpuhtauksia sekä retentoida viiralta poistuvan veden kiintoaines takaisin rainaan.

Perälaatikon putkistossa virtaava massa levitetään hallitusti viiran levyiseksi suihkuksi. Perälaatikon ja sen syöttöputkiston tehtäviä on

- levittää massasuspensio tasaisesti kartonkikoneen poikkisuunnassa
- stabiloida syöttövirtauksen painevaihtelut ja pulseeraus sekä mahdolliset poikkisuuntaiset virtaushäiriöt, jotka voivat aiheuttaa neliömassavaihteluita
- tuottaa sopivan tasoinen turbulenssi massasuspensioon kuitufokkien hajottamiseksi
- tuottaa viiraosalle massasuspensiosuihku, jolla on haluttu sakeus, nopeus ja suunta.

Kartonkikoneen rainanmuodostusosan periaatteena on levittää perälaatikon massalietesuihku liikkuvalla viiralle. Tämän jälkeen tapahtuu rainan suotautuminen vedenpoistoelimien aiheuttaman paineen seurauksena. Raina sakeutetaan siihen kohdistetun imun vaikutuksesta sekä poistetaan vettä huokosista imemällä ilmaa rainan lävitse. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniikan kurssi, luentomateriaali.)

2.1.2 Viiraosa

Kartonkikoneen viiraosan rakenne on niin sanottu tasoviirarakenne. Tämä viiraosarakenne on hyvin tyypillinen voimapapereilla sekä eri kartonkilajeilla, joiden neliömassat ovat suuria. Viiraosan tehtävänä rainanmuodostuksessa on

- poistaa perälaatikon suihkuttamasta massasuspensiosta vettä suotauttamalla sihtinä toimivan viirakudoksen läpi.
- aiheuttaa rainaan riittävän suuria hydrodynaamisia voimia flokkien syntymisen estämiseksi ja niiden hajottamiseksi.
- hallita veden poisto ja hydrodynaamiset voimat siten, että kuitu- ja täyteaineretentio ovat tasaiset ja halutun suuruiset.
- saattaa raina riittävän korkeaan kuiva-ainepitoisuuteen, jotta rainan siirto viiraosalta puristinosalle on helppoa ja vaivatonta, ja puristinosalla saavutetaan hyvä ajettavuus.

(Knowpap, paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö), [viitattu 28.3.2011].

saatavissa:

http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/general/5_papermaking/frame.htm

Viiraosalla poistetaan 95–98 % perälaatikkosulpun mukana tulevasta vedestä. Kartonkiraina muodostuu viiraosalla suotautumalla. Tämä saadaan aikaan niin sanotun suotautumispaineen avulla. Suotautumispaine kasvaa päästölistoilla (foileilla) niiden kulman ja leveyden kasvaessa. Lisäksi suotautumispaineeseen viiraosalla voidaan vaikuttaa imulaatikoiden imujen lisäämisellä tai pienentämisellä.

Vedenpoiston ollessa viiraosalla jaksottaista rainan rakenne löyhtyy välillä. Tästä seuraa suotautumisvastuksen aleneminen, jolloin vedenpoisto paranee. Tästä syystä vedenpoistoelimien jaksotus viiraosalla on tärkeää. Tämän vuoksi myös hienoaines kulkeutuu rainassa helpommin, jolla on vaikutusta retentioon ja rainan toispuoleisuuteen. Tasoviiralla hienoaines muodostuu vedenpoistoelimien puolelle, jonka seurauksena on toispuoleisuutta rainassa. Tällä ei ole niin suurta merkitystä, jos toispuoleisuus ei ole haitallinen tekijä paperin tai kartongin laadussa. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniiikan kurssi, luentomateriaali.)

2.1.3 Puristinosä

Puristinosan tehtävänä on poistaa mahdollisimman paljon vettä rainasta ja samalla tiivistää rainaa. Puristinosalla pyritään saavuttamaan riittävän suuri kuiva-ainepitoisuus, jotta siirtäminen puristinosalta kuivatusosalle olisi mahdollista ilman katkoja. Samalla märkälujuus nousee, koska kuidut lähentyvät puristuksessa toisiinsa, ja näin syntyy lisää vahvoja kuitujen välisiä sidoksia.

Rainan siirtäminen viiraosalta puristinosalle tapahtuu niin sanotun pick-up -telan avulla. Koneen käydessä pick-upin imutela poimii alipaineen avulla rainan viiraosalta huovan mukana puristinosalle.

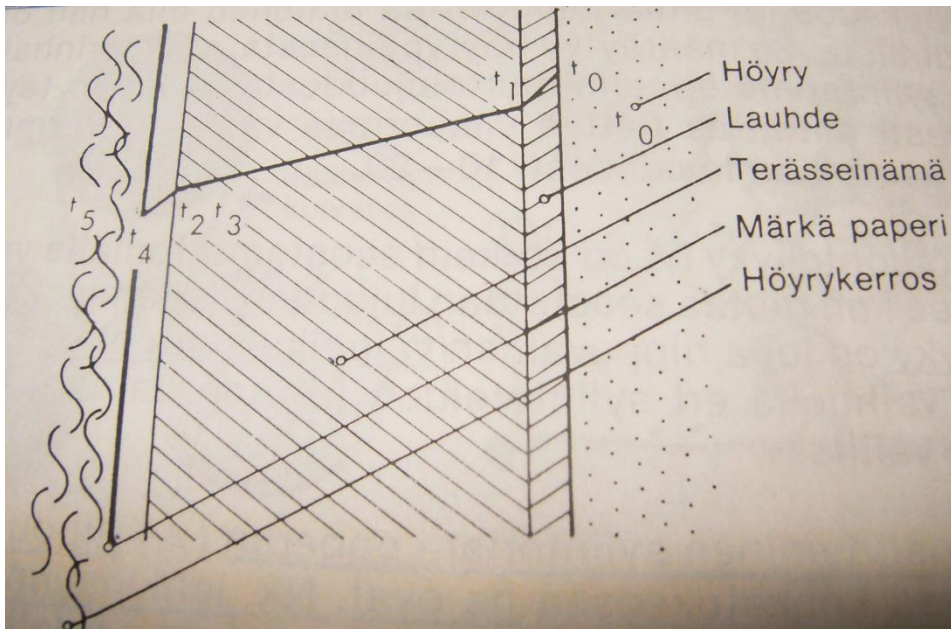
Rainan tullessa viiraosalta puristinosalle sen kuiva-ainepitoisuus on 18–23 %. Puristinosan jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus nousee tasolle 35–50 %. On todettu, että kustannukset kuivatusosalla yhtä suuren vesimäärän poistamiseen ovat 5 kertaa suuremmat kuin puristinosalla. Jo 1 % kuiva-aineen nousu puristinosalla pienentää höy-

rynkulutusta kuivatusosalla noin 3-4 %. Puristinosan toimintaperiaatteena on puristaa rainaa kolmessa kahden telan muodostamassa nipissä, kahden huovan kanssa. Nipissä puristus eli viivapaine on tavallisesti 50–200 kN/m. Viivapaineen ansiosta rainassa olevan vedenpaine nousee niin, että vesi alkaa virrata pois rainasta huokoiseen huopaan. Huovasta vesi poistuu osittain, heti nipissä suoraan huovan läpi puristintelanurien/ reikien kautta kaukaloon, osa kulkeutuu huopaimurille, josta se imun avulla poistetaan huovasta. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniiikan kurssi, luentomateriaali.)

2.1.4 Kuivatusosa

Kuivatusosa on paperikoneen neljäs osa perälaatikon, viiraosan ja puristinosan jälkeen. Kuivatusosa vie eniten energiaa näistä neljästä osasta, koska siinä pyritään saamaan paperiradasta, kartonkiradasta tai selluloosaradasta loppukosteus pois ennen mahdollista kalanterointia, leikkaamista ja rullaamista. Kuivatusosan toiminnalle on hyvin yleistä, että paperi- tai kartonkirataan tuodaan ulkoa energiaa, joka haihduttaa veden pois radasta.

Kun lämpö saavuttaa rainan, lämpiää vapaa vesi kiehumispisteeseen ja höyrystyy. Sylinterikuivatuksessa tämä tapahtuu ensin sylinterin puolella. Syntynyt höyry imeytyy kartonkiin ja lauhtuessaan luovuttaa höyrystymislämpönsä. Näin on pian koko kartonki kuumentunut ja höyry kulkeutuu huokosten kautta ympäröivään ilmaan lauhtumatta. Kapillaarivoiman avulla se kulkeutuu kohti sylinterin pintaa, höyrystyy siellä ja poistuu höyrynä. Kuumailmapuhalluksella kartongin vapaaseen pintaan saadaan samanaikaisesti tapahtumaan haihtumista. Sillä tavoin höyrystymisvyöhyke siirtyy yhä kauemmas kartongin sisään. Kun vapaa vesi huokosista höyrystyy, alkaa kuivussa oleva vesi siirtyä ulos kuituseinämistä, jotka kyllästyneinä sisältävät n. 30 % vettä. Kuivatus pitää lopettaa, kun kartonki on saavuttanut sellaisen kosteuden (7-10 %), että se joko luovuttaa tai ottaa vettä normaalilämpöisestä ja -kosteasta ilmasta, esim. painolaitoksessa. Jos kuivatusta jatketaan liian kauan, poistetaan kuidusta jopa kemiallisesti sitoutunut vesi. Seurauksena on hauras ja heikko kartonki.



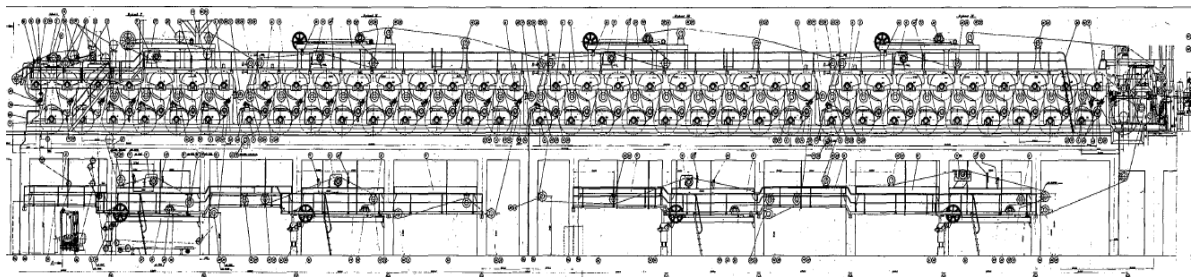
KUVA 3. Lämmönkulku kuivatussylinterin seinämässä (Jämsän Seudun ammatillinen oppilaitos, Paperitekniiikan luentomateriaali.)

Höyry tiivistyy lämpötilassa t_0 kuivatussylinterin sisäpinnalla ja muodostaa vesifilmin, jonka paksuus vaihtelee kuivatussylinterin pyörimisestä johtuen. Vesifilmi laskee lämpötilaan t_1 :een kuivatussylinterin sisäpinnalla. Lämpöputous jatkuu sylinterin vaipassa siten, että ulkopinnalla se on t_2 ja kartongin sisäpinnalla t_3 . Kartongissa lämpöputous jatkuu, ulkopinnalla on lämpötila t_4 sekä ympäröivän ilman lämpötila t_5 . Näin ollen lämpövirta määräytyy lämmön siirtymisessä höyrystä sylinteriin ja sylinteristä kartonkiin, samoin kuin vaipan paksuudesta ja lämmönsiirtokyvystä. Lämmön siirtyminen kuivatussylinteristä kartonkiin riippuu siitä, miten läheisessä kosketuksessa ne ovat. Savon Sellun kartonkikoneen kuivatusosalla on niin sanottu monisylinterikuivatus, jossa pidetään kartonkirainaa kuivatussylinteriä vasten kuivatusviiröiden avulla. Tällöin lämmön siirtymiseen vaikuttavat muun muassa kuivatusviiröiden kireydet ja kartongin kuiva-ainepitoisuus. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniiikan kurssi, luentomateriaali.)

Kuivatusviiröiden etuina kuivatustapahtumassa mainittakoon muun muassa suuri ilmanläpäisykyky avonaisella viiralla, ja lisäksi ne mahdollistavat höyrystymisen kartongista silloinkin, kun se on painettu sylinteriä vasten. Kuivatusviirroilla on lisäksi kyky ”pumpata” ilmaa, mikä puolestaan edistää ilmanvaihtoa. Suurimpana vaikeutena viiralla on sen aiheuttama lepatus radassa, johtuen voimakkaasta ilmavirrasta. Nykypäivänä lepatus ehkäistään kuivatusviiröiden oikealla valinnalla ja puhalluslaatikoilla. Kuivatusviiröiden ilmanläpäisy tulee optimoida huomioiden koneen nopeus, kudoksen

taustapuolen sileys ja kartongin paksuus. Koneen parhaan mahdollisen toiminnan kannalta tämän läpäisevyyden täytyy pysyä mahdollisimman samana koko viiran käyttöä. Viirojen oikean ilmanläpäisevyyden ylläpitämiseksi suositellaankin käytettävän kuivatusviiran pesujärjestelmää kuivatusosalla.

Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneella kartongin kuivatus tapahtuu höyrylämmitteisillä sylintereillä, joiden maksimi höyrynpaine on noin 5,3 MPa. Normaali sylinterilämpötila on jopa 125°C. Kartonkikoneen kuivatusosalla kuivatussylintereitä on 69 kpl ja höyryä kartongin kuivatukseen kuluu n. 1,6 tonnia tuotettua kartonkitonnia kohden. Rainan kuivatus on suuri kustannustekijä kartonginvalmistuksessa. Kuivatusryhmiä kartonkikoneella on yhteensä 4 kpl, joista ensimmäinen kuivatusryhmä on niin sanottu yksiviiravientinen ja loput kolme kuivatusryhmää ovat kaksiviiravientisiä kuivatusryhmiä.



KUVA 4. Kartonkikoneen kuivatusosan layout-piirros (Oy Botnia Mill Service Ab)

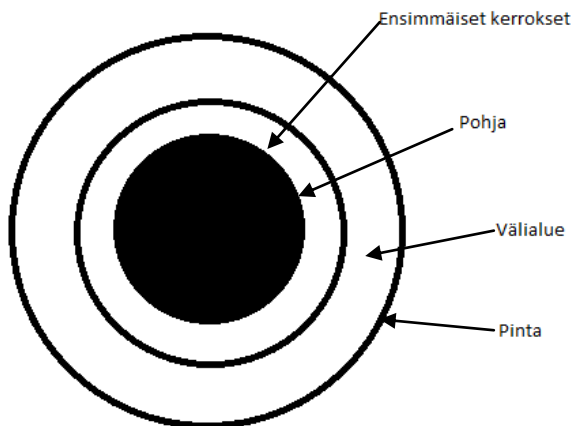
2.1.5 Konerullain

Kartonkiradan tullessa kuivatusosalta konerullaimelle (kiinnirullain, pope-rullain) radan kuiva-ainepitoisuus on noin 95 %. Kuivatusosalta tuleva raina ohjataan rullaussyylinterin ylitse, josta se rullataan sylinterille. Kartonkikoneen kiinnirullaimella jatkuva prosessi katkeaa ensimmäistä kertaa ja tästä eteenpäin siirtyy jaksottaiseen toimintaan (pituusleikkaus, pakkaus, varastointi). Rullauksen tarkoituksena on muuntaa tasomaiseksi valmistettu kartonki helpommin käsiteltävään muotoon. (Marttila, Imu- ja uratelojen pesun tehostaminen, 16).

Konerullaimen tehtävät ovat:

- Rullata paperi- tai kartonkikoneelta tuleva rata konerullaksi (tampuuriksi), jossa on oikea metrimäärä ja halkaisija.
- Konerullan automaattinen vaihto ”lennossa” pysäyttämättä tai hiljentämättä paperi- tai kartonkikonetta.
- Rullauksen säätö ja hallinta siten, että saadaan hyvin aukirullautuva tampuuri ilman hylkyä.

Konerullan eli tambuurin ensimmäisten kerrosten tulee olla riittävän tiukalla, jotta ei tapahdu pohjan luistoa.

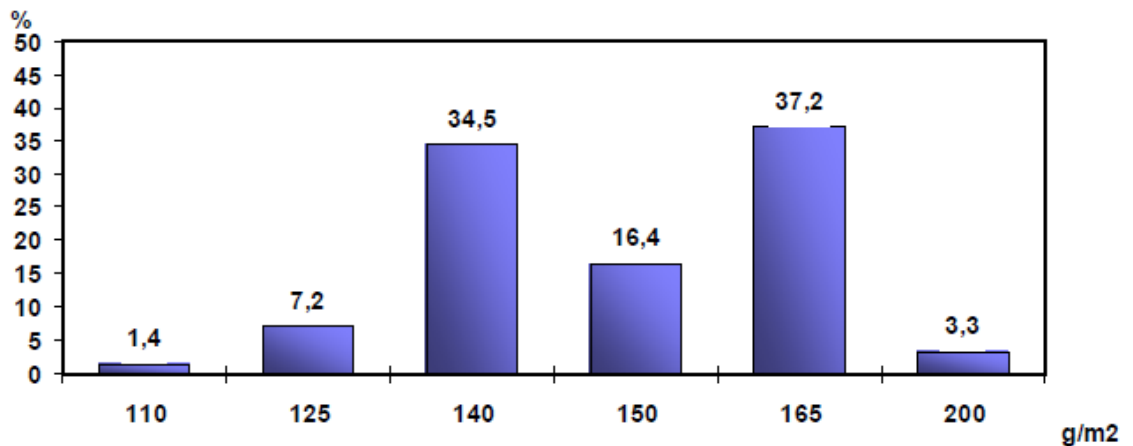


KUVA 5. Konerullan rakenne

Konerullan välialue on pintaa kohden pehmenevä. Pinnalta vaaditaan riittävää kireyttä, jotta se ylittää jarrutuksessa hidastuksen aiheuttamat voimat. Konerullan tiheysprofiilin tulee säteen suunnassa olla tasainen tai mieluummin pohjalta pintaa kohti tasaisesti laskeva, jolloin liian tiukka pintakerros ei purista alla olevia kerroksia kasaa tai rynkkyy. Konerullan liian löysät kerrokset ovat herkkiä liukumaan ja rynkkääntymään tambuurin massan kasvaessa.

Kuviossa 1 on esitetty Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneen tuottaman kartongin neliömassa jakauma. Neliömassa-alue vaihtelee välillä $110 \text{ g/m}^2 - 200 \text{ g/m}^2$. Neliömassan jakaumankehitys vuosituhaten alusta tähän päivään on muuttunut

siten, että kevyimmät neliömassapainon omaavat laadut ovat lievästi vähentyneet ja keskipainon omaavien kartonkilaatujen kysyntä on puolestaan kasvanut. Lievää kasvukehitystä on ollut myös raskaampien neliömassalajien keskuudessa.

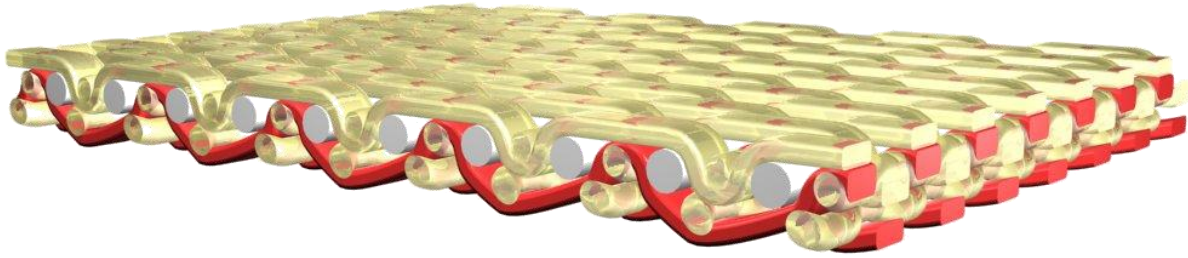


KUVIO 1. Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneen neliömassa jakauma (Powerflute, Savon Sellun yleisesittely 2009).

2.2 Kuivatusviirat

Kuivatusviirat valmistetaan synteettisistä langoista kutomalla, lämpökäsittelemällä ja saumaamalla. Kuivatusviirujen tärkeimmät ominaisuudet paperi- ja kartonkikoneen kuivatusosalla ovat hyvä paperi- ja kartonkirainan tuenta, hyvä haihdutusteho, mittaja muotopysyvyys, markkeeraamattomuus, kestävyys, hyvä kulutuksen kesto ja puhtaana pysyvyys (Innofabrics by Tamfelt, tiikerinloikka eteenpäin, 1/2008, 8).

Kuivatusviiran tärkeimmät tehtävät ovat toimia paperi- ja kartonkirainan kuljettimena sen kulkiessa kuivatusosan läpi sekä parantaa lämmönsiirtoa kuivatussyntereistä paperiin. Viiran tehtävänä on lisäksi toimia tärkeänä ilmanvaihdon välineenä huuven sisällä, olla voimansiirtolenkinä sylintereiden ja telojen pyörittämisessä, pitää jännityksen alaisena mittapysyvyytensä, säilyttää ilmanläpäisykykynsä, olla markkeeraamaton ja helppo asennettava. Kuivatusviira on paperi- ja kartonkikoneen keskeisimpiä komponentteja tärkeän tehtävänsä vuoksi.



KUVA 6. Silverstar 500 kuivatusviiran profiili. (Tamfelt, dryer fabrics sales manual, Dia 1, 10/2007).

Oleellista kuivatusviirroissa on niiden saumallisuus. Saumatyypeistä yleisin on spiraalisauma, joka on valmistettu upottamalla viiran kaksinkerroin taivutettuun päähän spiraalin muotoinen muovilanka. Esille jäävät spiraalit muodostavat sauman lenkit. Toinen tyyppi on lenkkisauma, jonka saumalenkit on muodostettu kuivatusviirojen loimilangoista pujottamalla loimilankojen päät takaisinpäin viirakudoksen sidokseen. Tällöin sauma on saman paksuinen kuin itse viirakin, ja se on markkeeraamaton.

Lenkkisaumaa käytetään yleensä 1. ryhmällä ja markkeerauserkissä kohdissa. Kuivatusviirojen kireydet ovat tavallisesti luokkaa 2-3 kN/m. Suurempi kireys alkaa jo taivuttaa johtoteloja ja kuivatusviiran sauma alkaa mennä kaarevaksi.

Kuivatusviirojen ikä on tavallisesti luokkaa 1-2 vuotta, kohteesta riippuen. Viiran käyttöikää lyhentää huomattavasti viiran likaantuminen. Tästä syystä suositellaan käytettäväksi puhdistus- ja pesujärjestelmiä, jotka pesevät viiraa jatkuvatoimisesti tai ajoit- taen, kuten katkojen ja seisokkien aikana. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniikan kurssi, luentomateriaali.)

TAULUKKO 1. Kuivatusvirojen materiaalit (Lähde: Voith, Safe handling of Dryer Fabrics, 3).

Polyetyleenitereftalaatti (PET)	Yleisesti tunnettu polyesteri. Yleisimmin käytetty materiaali, hyvä hydrolyysin vastustuskyky sekä estää lian tarttumista viiran pintaan.
Polyfenyleenisulfidi (PPS)	Erinomainen lämmön kestävyys, kemiallinen ja hydrolyysin vastustuskyky, mutta pienempi vetolujuus ja kulutuskestävyys kuin PET:ssä. Viisi kertaa kalliimpaa kuin PET.
Polyetheretherketone (PEEK)	Erinomainen lämmön, hydrolyysin ja kemiallinen kestävyys. Käytetään etenkin spiraalisaumoissa.
Polytetrafluorieteeni (PTFE), Teflon	Paras likaantumista ehkäisevä ainesosa, mutta samalla matala veto- ja venymälujuus. Lisäksi alhainen kulumiskestävyys.
Polycyclohexylenedimethylene terephthalate (PCTA)	Kestää enemmän kuumuutta kuin PET, mutta ei niin hyvin kuin PPS.

Powerflute Oyj, Savon Sellun 2- kuivatusryhmän yläviirana käytetään Silverstar 500 kuivatusviiraa. Tämän opinnäytetyön kuivatusviiran pesujärjestelmä tullaan suunnittelemaan ja kehittämään tälle kyseiselle kuivatusviiralle. Alla on Silverstar 500 kuivatusviiran tekniset tiedot (kuva 7):

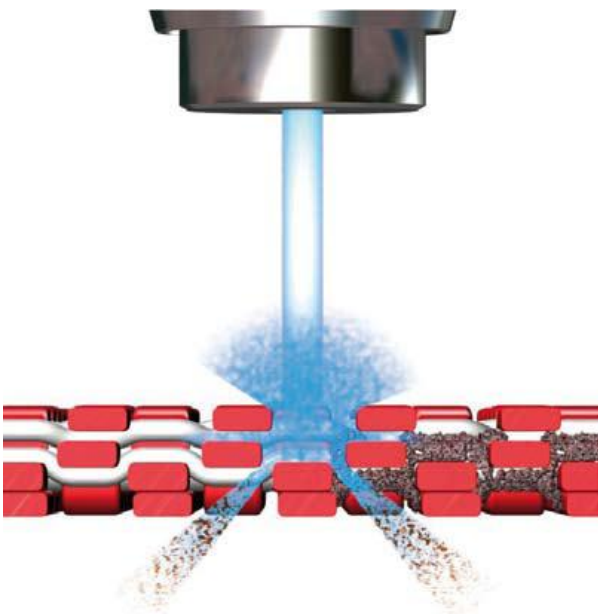
- Rakenne: Kaksoisviirarakenne
- Langat: Ohut PPS lanka pinnan puolella, ohut PPT XL lanka taustan puolella, pyöreä PPS- monofilamenttilanka sekä pinnan että taustan kerroksessa sekä PET- monofilamenttilanka itse rakenteessa



KUVA 7. Silverstar 500 kuivatusviiran profiili. (Tamfelt, dryer fabrics sales manual, Dia 1, 10/2007).

Silverstar 500 kuivatusviiran ominaisuudet ja hyödyt:

- Hyvä lämmönsiirto johtuen kuivatusviiran litteämaisestä pinnan puolen profiilista
- Kuivatusviiran avonainen rakenne tehostaa haihtumista
- Joustamaton rakenne mahdollistaa korkean ajokireyden
- Hyvä hydrolyysivastus
- Vakaa ja kestävä kaksoisviirarakenne
- Pesukanavien ansiosta pesutulos ja puhtaana pitäminen helppoa (Kuva 8).



KUVA 8. Viiranpuhdistus kanavat helpottavat korkeapainepesua (Innofabrics by Tamfelt, tiikerinloikka eteenpäin, 1/2008, 9).

2.3 Kuivatusviiran ilmanläpäisykyky

Kuivatusviirojen olennaisin ominaisuus on ilmanläpäisykyky. Se ilmoitetaan $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ja 10 m vesipatsaan paine-erolla. Suuri ilmanläpäisykyky kuivattaa rainaa hyvin, mutta aiheuttaa ajovaikeuksia nopeilla koneilla. Kuivatusviirojen läpäisykyvyt Savon Selun kartonkikoneen kuivatusosalla ovat seuraavanlaiset:

TAULUKKO 2. Powerflute Oyj, Savon Sellun kuivatusviirat

Positio	Tuote	Pituus	Ilmanläpäisy m³/m²/h
0-R	Tamstar 1800 lenkkisauma	30,20 m	2000
1.U	Tamstar 2100 lenkkisauma	56,00 m	2500
2.-3.- Y	Silverstar 500 lenkkisauma	47,00 m	8000
2.-3.- A	Tamdry DC lenkkispiraalisauha		8000
4. YA	Saunastar 600, Peek- lenkkispiraalisauha		10000

Kuivatusviirujen avoimuus on erityisen tärkeää etenkin toisessa ja kolmannessa kuivatusryhmässä, missä rainan lämpötila on noussut jo korkeaksi ja höyrystyminen tehostunut.

Kuivatusviirujen oikea ilmanläpäisy on edellytys radan hallintalaitteiden tehokkaalle toiminnalle ja ajettavuudelle. Kuivatusviirujen ilmanläpäisyn on pysyttävä koko sen toiminta-ajan mahdollisimman korkeana. Likaantunut kuivatusviira heikentää paperi- ja kartonkikoneen ajettavuutta ja paperi- ja kartonkiradan tasaista kuivatusta. Kuivatusviiran puhdistettavuus on tullut nykyään yhä tärkeämmäksi kriteeriksi viiran tyyppin ja rakenteen valinnassa kuivatusosalle, sillä kuivatusviiran yleisin vaihtamisen syy on sen ilmanläpäisevyyden radikaalinen huonontuminen.

Kuivatusviirujen ilmanläpäisy voidaan valita myös siten, että kuivatusviira on reunoilta tiivistetty kartonkiradan reunojen ylikuivumisen estämiseksi tai reunalepatuksen hallitsemiseksi. Tosin tätä ratkaisua tarvitaan harvemmin, koska taskutuuletuslaitteistot ovat nykypäivänä niin yleisiä ja tehokkaita.

2.4 Tukkeutuneen kuivatusviiran aiheuttamat ongelmat tuotannossa

Kaikki kuivatusviirat likaantuvat eriasteisesti niiden käyttöänsä mukana. Likaantuneet kuivatusviirat alentavat paperi- ja kartonkikoneen ajettavuutta sekä vaikuttavat haitallisesti paperin- ja kartongin laadullisiin tekijöihin. Kuivatusviirujen likaantuminen näkyy myös lisääntyneenä energian kulutuksena sekä kuivatusviirujen kulutuksena.

Jotta voidaan määritellä oikea ja sopiva puhdistusmenetelmä kuivatusviiralle, on tunnistettava kuivatusviiran epäpuhtauksien koostumus, kuivatusviiran rakenne sekä itse pesumahdollisuudet kuivatusosalla.

Kuivatusviirujen epäpuhtaudet voidaan jakaa seuraavasti:

TAULUKKO 3. Viirujen epäpuhtaudet (Rutonen. Korkeapainesuihkujen ja reunapilisuihkujen toiminta paperikoneen viiraosalla, 9).

Käsite	Alkuperä
Pihka	Uuteaineet kemiallisesta tai mekaanisesta massasta
Tahmot	Kierrätyspaperista tai -kartongista peräisin olevat tarttuvat materiaalit ja partikkelit. Esim. liima, bitumi, vahat, terva
Likapartikkelit	Kierrätyskuidun hajoamattomia partikkeleita
Pihkalateksi	Synteettiset sideaineet (päällystysaineet)
Päällystyshylyn saostumat	Puutteellisesti hajonnut päällystyshylky

Myös aivan tavallinen pöly ja lika tukkii ajan saatossa kuivatusviiruja. Hyvä ja tehokas puhdistusjärjestelmä maksaa itsensä hyvin nopeasti takaisin. Varsinkin kuivatusrajoitteisella paperi- ja kartonkikoneella tehokkaan tuotannon ajaminen ei onnistu tukkeutuneilla kudoksilla.

2.4.1 Pihka

Puuperäisen pihkan tarttuvia saostumia aiheuttava fraktio sisältää rasvahappoja, niiden estereitä, hartsihappoja sekä saippuattomia neutraaleja, kuten steroleja ja korkeampi-arvoisia alkoholeja.

TAULUKKO 4. Puulajien sisältämä pihkan määrä ja koostumus. (Rutonen. Korkeapainesuihkujen ja reunapillisuihkujen toiminta paperikoneen viiraosalla, 16).

	Koivu	Mänty	Kuusi
Puun sisältämä pihka	1-3 %	2-5 %	1-2 %
Pihan koostumus			
- Hartsihapot	0 %	30–35 %	20–30 %
- Vapaat rasvahapot	3-7 %	15–20 %	5-10 %
- Esteröityneet rasvahapot	55–85 %	35–50 %	30–45 %
- Sterolit	5-35 %	5-10 %	18-25%

Koivupuun sisältämä pihka vapautuu puusta heikosti eikä liukene keittokemikaalien vaikutuksesta niin hyvin kuin havupuun pihka. Tämä johtuu siitä, että koivupuun pihka on puun solujen sisällä, kun havupuilla pihka esiintyy pihkatiehyissä, joista pihka vapautuu helpommin. Vapautuessaan mekaanisen rasituksen tai paineen alaisena, massaan jäänyt jäännöspihka aiheuttaa likaantumisongelmia sellu- ja kartonkikoneilla. Tämä näkyy muun muassa viirojen likaantumisenä/tukkeutumisenä sekä ajettavuusongelmina.

Pihka vapautuu tavallisesti kolloidisena partikkelina, joka sekoittuu prosessimassoihin ja vesiin. Näillä partikkeleilla on hyvä tarttumiskyky, jolloin ne saattavat muodostaa saostumia viiroille.

2.4.2 Tahmot

Tahmot ovat kierrätyskuidussa esiintyviä tahmeita aineita, jotka ovat peräisin kierrätyskuidussa käytetyistä liimoista, painoväriin sideaineesta ja päällystyslateksista. Näin ollen tahmot huonontavat paperi- ja kartonkikoneen ajettavuutta ja likaavat prosessia ja kudoksia.

Tahmot voidaan jakaa primäärisiin ja sekundaarisiiin tahmoihin. Primäärisillä tahmoilla tarkoitetaan liukenemattomia yhdisteitä, jotka ovat tarttuvia paperin- ja kartongin valmistusprosessissa. Nämä tahmot ovat peräisin kierrätyskuiduista ja päällystyshylystä.

Sekundaariset tahmot koostuvat liukenevista liima-aineiden ja kemikaalien komponenteista. Sekundaariset tahmot muodostuvat äkillisistä märänpään kemian muutoksista.

2.4.3 Pihkalateksit

Pihkalatekseiksi kutsutaan päällystetystä hyllystä peräisin olevia latekseja ja muita sideaineita. Näihin voidaan lukea myös pigmenttipartikkelit, kuidut ja hydrofobiset materiaalit. Pihkalatekseja esiintyy tavallisesti paperi- ja kartonkiprosessissa kuivatus- ja puristusosalla.

2.4.4 Muita ongelma-aineita

Muita viiroja tukkivia aineita ovat hydrofobiliimat. Hydrofobiliimat eivät itsestään ole kovinkaan ongelmallisia, vaan reagoidessaan veden kanssa ne muodostavat yhdisteitä, jotka tukkivat paperi- ja kartonkikoneen kudoksia. Veden kanssa reagoidessaan hydrofobiliimat muodostavat saippuoita, jotka ovat erittäin pahoja ja ongelmallisia tahmoja prosessin kannalta. (Rutonen. Korkeapainesuihkujen ja reunapillisuihkujen toiminta paperikoneen viiraosalla, 19).

2.5 Energiatalous

Metsäteollisuuden prosessit vaativat huomattavan määrän energiaa etenkin massan ja paperin valmistuksessa sekä paperi- ja kartonkirainan kuivatuksessa. Metsäteollisuus onkin suurin energian käyttäjä Suomen teollisuudessa. Tämän tuotantotekijän osuus on keskimäärin 10 % metsäteollisuusyrityksen liikevaihdosta.

Energia on paperi- ja kartonkiteollisuuden tärkein tuotantopanos heti puuraaka-aineen jälkeen. Tehoina mitattuna metsäteollisuuden tarve on noin 1000 MW eli 10 miljardia wattia. Tavallisessa ruumiillisessa työssä teho on noin 50 W eli pienen hehkulampun verran. Suomen metsäteollisuuden energian tyydyttämiseksi tarvittaisiin siten noin 200 miljoonan ihmisen ruumiillinen työpanos.

Massa, paperi- ja kartonkiteollisuuden energiaintensiivisyyden vuoksi täytyy sen tavoitteena olla mahdollisimman häiriöttömän ja halvan energiansaannin turvaaminen ja toisaalta energiansäästö eri prosessiratkaisuissa ja kohteissa.

Paperin ja kartongin valmistuksen sähköenergian tarve vaihtelee 500–100 kWh/t ja lämmönkulutus 5-8 GJ/t paperi- tai kartonkilajista ja paikallisista olosuhteista riippuen. Vähiten sähköä kuluttaa laineri ja aallotuskartonkien valmistus ja eniten pehmopapereiden ja eräiden erikoispaperin valmistus.

Paperi- ja kartonkitehtaalla voidaan energian kulutuskohteet jakaa seuraavasti:

- massan lietto, jauhatus, lajittelu, varastointi, pumppaus
- lisä-, täyte- ja päällystysaineiden käsittely ja valmistus
- paperi- ja kartonkikone liitännäislaitteineen
- päällystys
- superkalanterointi, pituusleikkaus, arkitus ja pakkaus
- valmiin tuotteen käsittely, varastointi ja kuljetus.

Paperi- ja kartonkikoneen lämmönkulutuksesta valtaosa tarvitaan rainan kuivatukseen kuivatusosalla. Koko teollisuuden prosessilämmöstä yli 83 % kuluu kuivatukseen. Jo yhden prosenttiyksikön muutos kuiva-ainepitoisuudessa kasvattaa tai vähentää höyryn kulutusta noin 4 % (Kemiallinen metsäteollisuus- Paperin- ja kartongin valmistus).

TAULUKKO 5. Eri paperi- ja kartonkilajien sähkön ja lämmönkulutus

Paperi- tai kartonkilaji	kWh/t *	GJ/t *
Sanomalehti	570	5,2
Puupitoiset, päällystämättömät	630	5,2
Puupitoiset, päällystetyt	800	5,2
Puuvapaat, päällystämättömät	660	6,8
Puuvapaat, päällystetyt	870	7,6
Pehmopaperit	1000	6,9
Laineri	535	5,9
Fluting	520	5,6
Nestepakkauskartonki	850	7,0
Taivekartonki	800	6,9
Säkkipaperi	1000	6,9
Muut paperit ja kartongit	770	6,9

* eivät sisällä massanvalmistuksen osuutta

2.6 Tukkeutuneen kuivatusviiran vaikutus kartonkikoneen energiatalouteen

Paperin- ja kartongin valmistuksessa tarvittavasta energiasta suurin osa menee rai-
nan kuivatukseen kuivatusosalla. Jo pienetkin mahdolliset säästöt höyryn kulutukses-
sa kuivatusosalla näkyvät huomattavina kustannussäästöinä. Esimerkiksi SC-paperia
(superkalanteroitua) tuottavalla paperikoneella höyryn tuotantolinja kuluttaa n. 60 %
koko tuotantolinjan energiankulutuksesta.

Kuivatusosan optimoinnissa tulee kuivatusosa nähdä yhtenä kriittisenä komponentti-
na, jos paperin ja kartongin tuotannon halutaan menestyvän nykyisessä vaikeassa
taloudellisessa tilanteessa. Nykyään paperin ja kartongin maailman markkinat ovat
vahvasti kilpailutettuja. Markkinoilla on lisäksi tuotannon ylitarjontaa eri paperi- ja kar-
tonkilaaduista, jonka vuoksi tuottajien on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota
nouseviin energiankustannuksiin paperin ja kartongin valmistuksessa.

Energiätehokkuus ja ajettavuuden optimointi ovat merkittäviä, mutta usein myös käyt-
tämättömiä mahdollisuuksia parantaa tuotantolinjan tuottavuutta sekä paperin ja kar-

tongin laatua tuotantoyksiköissä. Hyvä ajettavuus mahdollistaa yhtäjaksoisen tuotannon pienillä katkomäärillä ja seisokeilla.

Kuivatusviirojen ilmanläpäisevyys on tärkeässä roolissa ajettavuutta, kustannustehokkuutta ja kuivatuskapasiteettia silmällä pitäen. Alentunut kuivatusviirojen ilmanläpäisevyys aiheuttaa ajettavuusongelmia, koska tukkeutunut viira aiheuttaa hallitsemattomia ilmavirtauksia huurossa sekä huonoa kosteusprofiilia rainassa, josta taas seuraa enemmän ratakatkoja ja paperin ja kartongin laatuongelmia. Lisäksi tästä seuraa myös huono kuivatustulos, radan päävientiongelmia sekä suurempaa höyrynkulutusta. Kuivatusviirat on vaihdettava, ei niiden kulumisen tai repeytymisen vuoksi, vaan yksinkertaisesti siksi, että ne eivät enää ole riittävän läpäisykykyisiä. Näin ollen paperi- ja kartonkikoneen optimaaliseen tuotantotehokkuuteen vaikuttaa yhtenä tärkeänä osatekijänä kuivatusviirojen kunto ja puhtaus. Tämä vaikutus ei näy ainoastaan paperin tai kartongin parempana laatuna, vaan myös vähäisempinä katkoina ja pienempänä energian kulutuksen määränä. (UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperitekniikan kurssi, luentomateriaali.)

3 PESUSIMULAATTORIKOKEET

Tutkimuksen testipesuosio koostui Metso Fabrics Oy Juankosken märkäviiratehtaalla tehdyistä kuivatusviirojen testipesuista pesusimulaattorilla, mittaustulosten esittämisestä sekä tulosten analysoinnista. Testipesuosion tavoitteena oli etsiä tutkimalla optimaaliset pesuparametrit kuivatusviirojen pesemiseen korkeapainepesumenetelmällä. Optimaalisilla pesuparametreilla päästään parhaaseen mahdolliseen kuivatusviirojen pesutulokseen mahdollisimman pienin vesi- ja energiakustannuksin.

3.1 Metso Fabrics Oy

Metso Fabrics Oy on yksi maailman johtavista teknisten tekstiilien valmistajista, jonka päätuotteina ovat paperikonekudokset ja suodatinkankaat. Metson Suomen tehtaat sijaitsevat Tampereella ja Juankoskella.

Tampereen tehtaalla valmistetaan puristinhuovat, kuivatusviirat ja beltit. Juankosken tehtaalla valmistetaan pelkästään märkäviirat. Lisäksi Metso Fabrics Oy:n valmistusyksiköjä on Portugalissa, Puolassa, Kiinassa ja Brasiliassa.

Yhtiö perustettiin vuonna 1797 Jokioisiin, josta paperikonevaatetuksen valmistus aloitettiin 1882. Suodatinkankaiden valmistus aloitettiin myöhemmin vuonna 1965. Vuonna 1981 nimi muutettiin Tamfelt Oyj Abp:ksi kunnes Metso Oyj solmi Tamfeltin kanssa yhdistymissopimuksen 5.11.2009.

Metso Fabrics Oy:n henkilöstömäärä on tällä hetkellä n. 1250.

Metson asiakkaina toimivat maailman johtavat paperin, kartongin ja sellun valmistajat. Lisäksi asiakaskuntaan kuuluu kaivos-, kemian- sekä muun prosessiteollisuuden ja ympäristötekniikan yrityksiä.

Metso pyrkii kestävään kehitykseen panostaen vahvaan tuottavuuteen ja prosessien suorituskyvyn parantamiseen tekemällä aktiivisesti tiivistä yhteistyötä asiakkaiden sekä teknillisten tutkimuskeskusten ja yliopistojen kanssa. Tuotekehitys on jatkuvaa modernien tekstiili- ja paperintutkimuslaboratorioiden ansiosta.

Metso Fabrics sai laatusertifikaatin alansa ensimmäisten yritysten joukossa vuonna 1992. Laatusertifikaatti myönnettiin ensimmäisenä kaikille PMC- tuoteryhmille. (Metso Fabrics Oy, yleisesittely 2011)

3.2 Testipesut

Testipesuosio aloitettiin valmistelemalla pestävät kuivatusviirarainat pesusimulaattoripesuja varten. Powerflute Oyj, Savon Sellun kartonkikoneesta oli poistettu 2- kuivatusryhmän yläkuivatusviira sen ilmanläpäisevyyden radikaalisen huonontumisen vuoksi. Ilmanläpäisykyvyn menetyksen vuoksi kuivatusviira oli tullut sen eliniän päähän.

Kartonkikoneesta poistetusta kuivatusviirasta leikattiin pesutesteihin kuivatusviirarainoja 15 kappaletta noin 50–60 cm levyisiä kaistaleita, jotka olivat noin 5 m pitkiä. Tästä poistetusta kuivatusviirasta tehdyt testipesurainat olivat optimaalisia testipesuja varten, koska pesutulokset näkyivät parhaiten todellisessa olosuhteessa likaantuneista ja tukkeutuneista kuivatusviirroista. Likaisista kudoksista testipesujen todellinen hyöty tuli parhaiten esille visuaalisesti. Lisäksi kartonkikoneen kuivatusosan 2- kuivatusryhmä oli ongelmallisin kohta kuivatusviiran likaantumisen vuoksi, jonka vuoksi uusi kuivatusviiran pesujärjestelmä tullaan asentamaan ensimmäisenä tähän kyseiseen ongelmapaikkaan. Testipesujen tulokset osoittivat näin ollen oikeaa tietoa pesujärjestelmän todellisesta tarpeellisuudesta.

3.3 Kuivatusviirojen valmistelu pesuja varten

Testipesuosiossa kuivatusviirarainojen valmistelu pesusimulaattoria varten oli paljon aikaa vievä työnosuus testipesuosiossa. Valmisteluissa oli monta vaihetta, jotka olivat välttämättömiä tehdä onnistuneiden testipesujen suorittamista varten. Testipesuihin osallistui Juankosken Metso Fabrics Oy:n märkäviiratehtaan henkilökunta, joka antoi asiantuntevaa apua ja neuvoja, kuinka viira valmistellaan oikeaoppisesti pesusimulaattorilla suoritettavia testipesuja varten.

Kuivatusviirarainojen valmistelu testipesuja varten eteni seuraavalla tavalla:

- 1) Leikatut kuivatusviirarainat esipestiin irtolian poistamiseksi ennen viimeistelyä runsaalla vedellä harjaa apuna käyttäen (kuva 9). Leikattu ja esipesty kuivatusviiraraina levitettiin pöydälle. Levitetyn kuivatusviirarainan reunat oikaistiin irrottamalla loimilankoja niin paljon, että saatiin koko rainan mittainen ehyt loimi reunaksi molemmin puolin rainaa. Tällä menetelmällä varmistettiin, että rainojen reunat ovat varmasti suorassa. Oikaisun jälkeen ylimääräiset poikki-loimenpäät leikattiin samanmittaisiksi sulattamista varten (kuva 11).



KUVA 9. Esipesty kuivatusviira



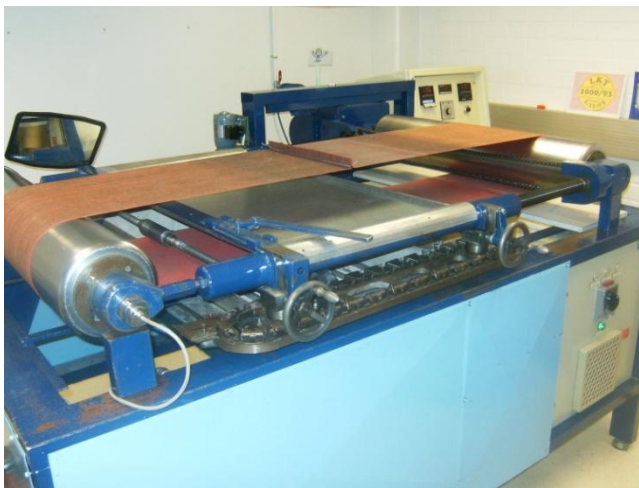
KUVA 10. Oikaistut viiran reunat

- 2) Kuivatusviirarainojen päädyt oikaistiin leikkaamalla saksilla raina reunaan nähden suoraan kulmaan. Samalla kuivatusviiraraina mitattiin oikeaan pituuteen pesusimulaattoria varten. Pituus rainoilla oli oltava 3560 mm – 4150 mm. Rainan päätyihin piirrettiin lisäksi kahden sentin päähän apuviiva, jota pitkin lenkitetty kuivatusviiraraina ommeltiin päittäin lenkiksi, viiran ompelemiseen tarkoitetulla ompelukoneella (kuva 11).



KUVA 11. Viiran päätyjen ompeleminen

- 3) Lenkiksi ommellun kuivatusviirarainan reunat sulatettiin purkautumisen estämiseksi penkissä, jossa kuivatusviiroja lämpökäsitellään tarvittavalla tavalla. Penkissä viiran kireys ja pyörimisnopeus voitiin säätää halutunlaiseksi ohjauspaneelista (kuva 12).



KUVA 12. Viiran reunojen sulatuspenkki

Kuivatusviirarainojen reunojen sulattaminen tehtiin sulatuskolvilla viiran pyöriessä penkissä sopivaa ratanopeutta. Kuumaa kolvia painettiin rainan reunaan vasten sopivalla voimalla, jolla reunat sulatettiin tasaiseksi ja purkaantumattomaksi saumaksi (kuva 13).

Näiden työvaiheiden jälkeen kuivatusviirarainat olivat valmiit testipesuja varten. Kuivatusviirarainoista mitattiin ilmanläpäisevyydet ilmanläpäisevyyden mittalaitteella (kuva 14) ennen testipesuja. Näin saatiin vertailupohjat pesutuloksia varten.



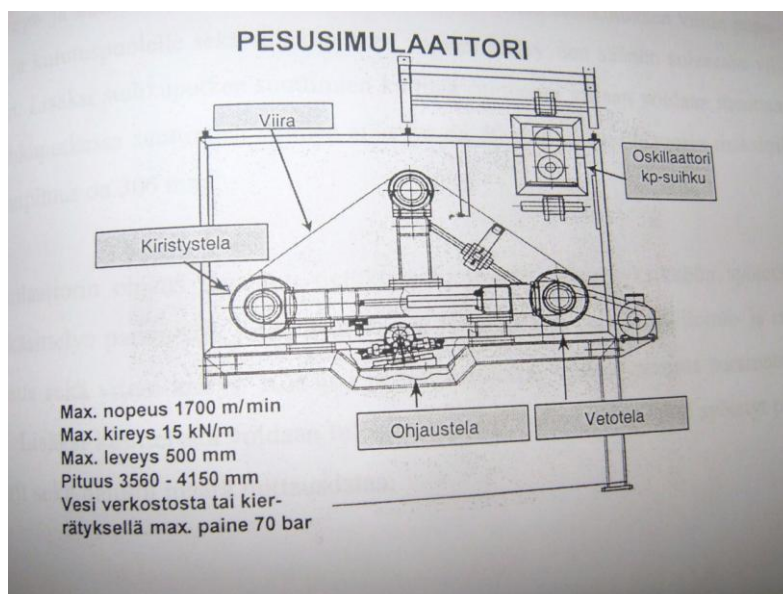
KUVA 13. Viiran reunojen sulatus



KUVA 14. Ilmanläpäisyvyyden mittalaite

3.4 Testipesusimulaattori

Testipesuosiossa käytettiin pesusimulaattoria, joka on valmistettu erilaisten viirakudoksien ominaisuuksien tutkimista varten. Simulaattorilla voidaan tutkia muun muassa märkä- ja kuivatusviirojen pesumenetelmiä. Tässä työssä tutkittiin pesuparametri- en ja erilaisten suuttimien vaikutuksia pesutulokseen. Pesusimulaattori on esitetty kuvassa 15.



KUVA 15. Testipesusimulaattori layout (Metso Fabrics Oy)

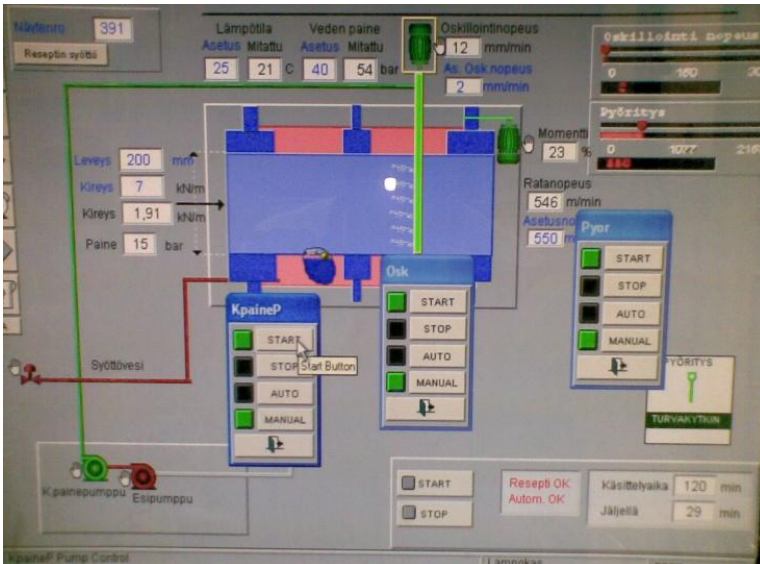
Simulaattorin tekniset tiedot:

- Max. nopeus 1700 m/min
- Max. kireys 15 kN/m
- Max. leveys 500 mm
- Pituus 3455–4150 mm
- Max. paine 5 MPa
- Pesuvesi joko vesiverkosta tai kierrätyksellä pesusimulaattorista.

Pesun ajonaikainen radanhallinta sivusuunnassa tapahtuu pneumaattisesti ohjattujen sivurajakytkinten sekä ohjaustelan avulla. Tämän ohjausmekanismin avulla estetään viirarainan ajautuminen pesusimulaattorin raameihin ajon aikana. Rainan kireyttä hallitaan kiristystelan avulla, jolla saadaan maksimissaan 15 kN/m kireys testattavalle viirarainalle. Testipesuissa käytettiin 2,5 kN/m kireyttä.

Pesusimulaattorilla on oma korkeapainepumppuyksikkönsä, jolla saadaan tuotettua maksimissaan 5 MPa paine. Korkeapainepumppuyksikön painetta voidaan säätää tarpeen mukaan nollan ja viiden MPa:n välillä. Paine määrää tilavuusvirran putkistossa. Tilavuusvirtaan vaikuttaa käytettävien suuttimien lukumäärä sekä niiden koko.

Testipesusimulaattorin ohjaus tapahtuu tietokoneen välityksellä simulointiohjelmistolla. Ohjausruutuun syötetään käsin halutut ajoparametrit. Määriteltäviä ajoparametreja ovat oskillointinopeus, ajonopeus, pesupaine ja rainan kireys.



KUVA 16. Testipesusimulaattorin ohjausruuu

3.4.1 Testatut suuttimet

Testipesuosioon koekäyttöön saadut korkeapainesuuttimet tulivat seuraavilta jälleenmyyjiltä:

- Oy Brynolf Grönmark Ab, STAMM jälleenmyyjä
- Lecher Oy
- Trial Oy
- S.G.Nieminen Oy – SGN tekniikka
- PMP Arcos AB

Pesusimulaattoritesteissä käytettiin viittä erilaista korkeapainesuutinmallia. Pesusimulaattorin suihkuputkessa olevat suutinpesät asettivat rajoitteet testata kaikkia haluttuja malleja.

Testatut korkeapainesuutinmallit olivat:

- 1) 0,4mm rubiinisuu­tin, pistesuihku
- 2) 0,9mm rubiinisuu­tin, pistesuihku
- 3) 1,0mm metallisuu­tin, pistesuihku
- 4) 1,5mm rubiinisuu­tin, pistesuihku
- 5) Lecher viuhkasuu­tin, 30°, erikoismalli

3.4.2 Pesuparametrit

Optimaalisen pesutuloksen löytämiseksi suuttimien lisäksi testattiin korkeapaine­pesua erilaisilla pesuparametreilla, joita vaihdeltiin optimaalisten asetusten löytä­miseksi. Näitä parametreja olivat pesuetäisyys viirasta, pesukulma viiraan nähden, pe­supaine sekä viiran pesupuoli. Näillä parametrien muutoksilla oli suuri merkitys pesu­tulokseen sekä pesutehoon. Pesuparametrit ovat esitelty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Testipesuissa käytetyt pesuparametrit

Viira Nro:	Suutin	Pinta	mm		kN/m	min.	m/min	bar
			Pesu etäisyys	Iskulma				
1	0.4mm (Rubiini), 0.9mm (Rubiini)	Paperi	50	90	2,5	10	550	50
2		Paperi						
3	0.4mm (Rubiini), 0.9mm (Rubiini)	Paperi	100	90	2,5	10	550	50
4	0.4mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Paperi	100	20 vastaan	2,5	10	550	50
5	0.4mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Paperi	50	20 vastaan	2,5	10	550	50
6	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Paperi	50	90	2,5	10	550	50
7	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Paperi	100	90	2,5	10	550	50
8	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Paperi	150	90	2,5	10	550	50
9	0.9mm (Rubiini), 1.0mm (Levy)	Paperi	100	20 vastaan	2,5	10	550	50
10	0.9 mm (Rubiini)	Paperi	50	90	2,5	10	550	27
11		Tausta						
12	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Tausta	100	90	2,5	10	550	50
13	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Pinta	50	30 vastaan	2,5	10	550	50
14	0.9mm (Rubiini), 1.5mm (Rubiini)	Tausta	50	90	2,5	10	550	50
15	Lecher suuttimet	Pinta	50	90	2,5	10	550	50

3.5 Pesutulokset

Oikein valitut korkeapainesuuttimet auttavat pidentämään paperi- ja kartonkikoneilla käytettävien kudoksien elinikää, vähentävät tuotantokatkoja sekä optimoivat vedenkulutusta.

Korkeapainesuihkujen toimivuudella ja kudosten pesutuloksella on merkittävä rooli paperi- ja kartonkikoneiden ajettavuuteen. Suurin vaikutus kudosten pesutulokseen on oikea suutinvalinta. Oikealla suutinvalinnalla varmistetaan kudosten tasainen pesutulos sekä niiden pitkä elinikä.

Taulukosta 6 nähdään testipesuissa testatut korkeapainesuuttimet sekä niiden pesutulokset. Taulukossa 6 on lisäksi määritelty kunkin testisuuttimen pesuetäisyys, pesukulma suhteessa testattavaan viiraan, ilmanläpäisy ennen pesuja sekä ilmanläpäisy pesujen jälkeen. Näitä tuloksia on verrattu uuden kuivatusviiran (Silverstar 500) ilmanläpäisyihin.

3.5.1 Suuttimet

Korkeapainesuuttimet ovat kokojärjestyksessä taulukossa 6 siten, että pienin testattu korkeapainesuutin on taulukossa ensimmäisenä (0,4 mm rubiinisuihin). Seuraavana suutinkokoluokkana on 0,9 mm rubiinisuihin, 1,0 mm metallisuihin, 1,5 mm rubiinisuihin sekä Lecher Scalemaster viuhkasuihin (kuva 17).



KUVA 17. Lecher Scalemaster viuhkasuihin

3.5.2 Kuivatusviirojen pesupuoli

Testipesuissa pestiin kuivatusviiroja sekä paperi-, että taustapuolelta. Viiran pesupuolta vaihtamalla nähtiin, kummaltako puolelta pesemällä saadaan parempi pesutulos. Tuloksen mukaan voitiin tehdä johtopäätöksiä kuivatusviiran pesujärjestelmän sijoittelusta kuivatusosalle. Pesutulokset osoittivat selvästi, että paperipuolelta pestynä pesutulos oli huomattavasti parempi. Tulos oli havaittavissa jo pelkällä visuaalisella tarkastelulla. Yleisesti suositellaankin pesujärjestelmän sijoittamista paperipuolelle, jos se vain on suinkin mahdollista. Taustapuolelta pesemisestä on haittana suihkuenergian menettäminen sen tunkeutuessa viiraan. Lika on tavallisesti paperipuolella, ja näin suihkun on ensiksi tunkeuduttava taustapuolelta pinnan puolelle ennen kuin lika irtoaa viirasta. Tässä vaiheessa suihkun energiasta on jo valtaosa hävinnyt ja näin ollen pesutuloksesta tulee huono. (Stein, Needle shower preview highlights best approach to set up, operation, 2)

3.5.3 Pesuetäisyys

Pesuetäisyyden vaikutus pesutuloksen ilmanläpäisevyyteen on ilmeinen. Mitä lähempänä korkeapainesuuttimet ovat kuivatusviiran pintaa sen suurempi on neulasuuttimen iskuenergia pestävää pintaa vasten. Mitä kauemmaksi suihkuputkea viedään kuivatusviiran pinnasta, sen suuremmaksi muodostuvat osumaenergiähäviöt. Tähän vaikuttaa radikaalisti myös korkeapainesuuttimen koko. Mitä suurempi suutin, sen suurempi on veden virtaus, ja näin ollen pesu on myös tehokkaampaa. Suutinkokoa kasvatettaessa täytyy kuitenkin muistaa kustannusten nousu. Käytettäessä 0,9 mm suuttimia 1,0 mm suuttimen sijaan säästetään vedenkulutuksessa noin 30 % (taulukko 10). Näin ollen optimaalisten pesuparametrien löytäminen on erittäin tärkeää energiatalouden kannalta katsottuna.

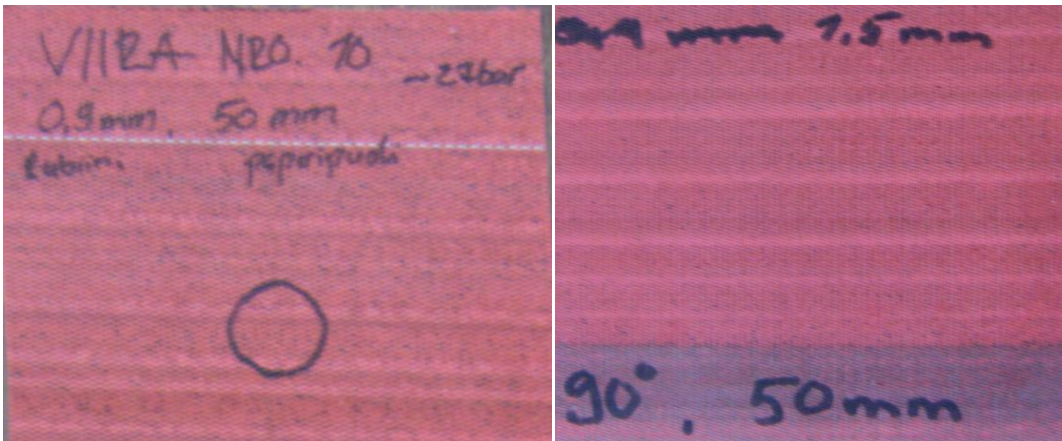
Keskiarvoisesti testipesut osoittivat, että optimaalinen pesuetäisyys on 100 mm kuivatusviiran pinnasta. Tämä selittyy sillä, että hieman kauempaa pestynä veteen muodostuu pisaroita, jotka iskeytyvät kudoksen pintaan. Tämä iskumainen efekti tehostaa pesutulosta enemmän kuin aivan täysi laminaarinen virtaus aivan lyhyellä pesuetäisyydellä. (Stein, Needle shower preview highlights best approach to set up, operation, 2)

3.5.4 Pesukulma

Pesutestissä kokeiltiin kolmea eri pesukulmaa kuivatusviiraan nähden: 90°, 30°- ja 20° vastaan kuivatusviiran kulkusuuntaan nähden. Näistä tehokkaimmaksi kulmaksi pesutulosten valossa osoittautui 90° kuivatusviiraan nähden. Tämä sen vuoksi, että tällöin korkeapainesuihku tunkeutuu suoraan kudoksen lävitse puhdistuen lian myös kudoksen sisältä kuivatusviirassa olevien pesukanavien ansiosta. 20° - 30° vastaan pesukulmat aiheuttivat pesuveden roiskumisen ympäriinsä likaannuttaen ympäristön. Pesuveden roiskuminen ei ole hyvästä, koska irronnut lika pääsee roiskuessaan takaisin viiran pinnalle ja siitä takaisin kierto.

3.5.5 Pesupaine

Pesutesteissä käytettiin kahta painealuetta: 2,7- ja 5 MPa. Selvästi paremmat pesutulokset saatiin 5 MPa pesupaineella. Tämä ero on silmin havaittavissa (kuva 18 ja kuva 19).



KUVA 18. Pesu paine 2,7 MPa

KUVA 19. Pesu paine 5 MPa

Savon Sellun kartonkikoneen kuivatusosan korkeapainesuihkuille on olemassa valmiina 3 MPa korkeapainepumppu, jota hyödynnettiin tässä projektissa. Vaikka pesutesteissä saatiin parempia pesutuloksia ilmanläpäisevyyden kannalta 5 MPa painealueella, emme lähteneet hankkimaan uutta ja tehokkaampaa korkeapainepumppua.

Jos tarvetta isommalle ja tehokkaammalle korkeapainepumpulle ilmenee, hankitaan se jälkikäteen.

Painealuetta mitoittaessa otettiin huomioon kuivatusviiran loimien mekaanisen kestävyuden. Monofilamenttilangoista (yhtenäinen lankarakenne) kudotut viirat kestävät hyvinkin painetta aina 3-3,5 MPa asti, mutta multifilamenttilangoista (monista säikeistä kudottu lanka) kudotut viirat ovat vaurioalttiita jo noin 10 MPa painealueella.

TAULUKKO 7. Testipesuissa käytettyjen suuttimien pesutulokset

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	PESU ETÄISYYS	PESU KULMA	Ilmanläisy ennen pesuja	Ilmanläisy pesujen jälkeen	Uuden viiran ilmanläisy
			mm	°	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000

4 PESUJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

Kuivatusviiran pesujärjestelmältä vaaditaan seuraavia asioita:

- Kevyt itsekantava rakenne
- Mahdollisuus harjata korkeapainesuuttimet ja huuhtoa suihkuputki ajon aikana manuaalisesti
- Optimoitu vedenvirtaus
- Maksimaalinen pesutulos
- Minimaalinen huollontarve
- Helppo huollettavuus
- Mahdollisuus integroida pesukemikaalin levitysjärjestelmä
- Mahdollisimman edullinen toteuttaa.

Nämä olivat ensisijaisesti spesifioituja tarpeita ja toimivat lähtökohtana suunnittelulle. Suunnittelun tavoitteena oli luoda yksinkertainen pesujärjestelmä valmispiirustuksiin. Piirustukset toteutettiin SolidWorks3D-ohjelmistolla kohteen asettamien resursien rajoittamana.

Suunnittelussa huomioitiin pesujärjestelmän monistettavuus kaikille kuivatusosan kuivatusviiroille.

4.1 Kuivatusviiran pesujärjestelmän rakenne

Rakenteeltaan suunniteltu pesujärjestelmä on korkeapainesuuttimilla varustettu suihkuputki. Suihkuputkeen on integroitu lineaari-oskillaattorimoottori. Tämän tarkoituksena on saada suihkuputki oskilloimaan nopeudella, joka on suhteutettu kuivatusviiran ratanopeuteen.

Kuivatusviiran pesu tapahtuu ratakatkon tai huoltoseisokin aikana. Ratakatkon aikana kuivatusviira pestään kokonaisuudessaan kertaalleen lävitse. Oskillointinopeus ja -iskunpituus mitoitettiin tämän mukaisesti. Pesupaine tuotetaan korkeapainepumpulla ja johdetaan suihkuputkelle putkilinjaa pitkin. Suihkuputken sisällä on manuaalisesti käytettävä pesuharja, jonka säännöllisellä käytöllä varmistetaan suuttimien auki py-

syvyys ja puhtaus. Suihkuputkea voidaan huuhdella puhtaalla vedellä aika-ajoin siihen tarkoitettun huuhteluventtiilin kautta.

Pesujärjestelmään kuuluu liankeruukaukalo, joka sijoitetaan vastakkaiselle puolelle kuivatusviiraa verrattuna suihkuputkeen. Liankeruukaukalo kerää suurimman osan pesunaikana kuivatusviirasta irtoavasta liasta ja läpimenevästä vedestä. Pesuvesi ja irtolika johdetaan liankeruukaukalosta kanaaliin putkiyhteen kautta.

Pesujärjestelmään suunniteltiin lisäksi mahdollisuus integroida puhtaanapitokemikaalin levitysjärjestelmä. Levitysjärjestelmä toimii matalapainesuihkuputkella, jossa on viuhkasuuttimet.

4.2 Materiaalivalinnat ja varautuminen korroosioon

Materiaalin valinta tapahtuu komponenttitasolla ja on osa yleistä tuotesuunnitteluprosessia, jossa edetään eri vaiheiden kautta ja sovelletaan useiden teknisten tieteiden menetelmiä. Tällöin joudutaan suunnittelun eri vaiheissa valintaa suorittamaan eri tasoilla:

- Yleissuunnitteluvaiheessa mahdollisten materiaalien valinta kaikkien mahdollisuuksien joukosta
- Muodonanto ("ruumiillistuma") vaiheessa valinta pienemmästä mahdollisten materiaalien joukosta
- Yksityiskohtaisen suunnittelun vaiheessa lopullisen materiaalin valinta; materiaali on lisäksi spesifioitava riittävällä tarkkuudella.

(Tampereen teknillinen yliopisto, materiaalin valinta MOL-1210)

Kohteessa, jossa kuivatusviiran pesujärjestelmiä tullaan käyttämään vallitsevat olosuhteet, jotka vaativat käytettäviltä materiaaleilta tiettyjä ominaisuuksia. Pesujärjestelmä sijoitetaan kartonkikoneen kuivatusosalle. Kuivatusviira on suojattu huuvalla, joka estää lämmön karkaamisen muihin tuotantotiloihin. Huuvan sisällä on kosteaa ja lämpötila on lähellä 100 °C. Materiaalit valittiin näiden vaatimusten mukaisesti.

Valitsimme koko järjestelmässä käytettäväksi materiaaliksi 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2) 316L haponkestävän teräksen, jonka hitsattavuus ja korroosiokestävyys ovat kohteeseen parhaiten sopivia. Käytettävää terästä käytetään paljon myös muissa prosesseissa ja sitä on helposti saatavilla toimeksiantajan tavaratoimittajilta.

Haponkestävällä teräksellä tarkoitetaan austeniittista ruostumatonta terästä, johon on seostettu molybdeeniä. Tämän hyvä korroosion kestävyys perustuu ensisijaisesti siihen, että teräkseen lisätään 17 % kromia. Muita lisättäviä merkittäviä seosmateriaaleja ovat 12 % nikkeli ja 2,2 % molybdeeni, joita käytetään niiden erinomaisten korroosion kestävyiden vuoksi.

Ruostumattoman teräksen korroosiokestävyys perustuu sen sisältämään kromiin. Ruostumattomassa teräksessä kromi reagoi hapen kanssa ja muodostaa suojaavan kalvon teräksen pinnalle. Suojakalvon muodostumista metallipinnalle kutsutaan passivoitumiseksi. Passivoiva oksidikalvo on äärimmäisen ohut ja valoa läpäisevä, siksi sen pinta on metallisen kirkas. Passiivikalvoon käytössä syntyneet naarmut ja muut rikkoutumat korjaantuvat itsekseen hapettuvassa ympäristössä. Tosin tämä oksidikalvon uudelleen muodostuminen pääsee tapahtumaan ainoastaan silloin, jos teräksen pinta on täysin puhdas ja lämpökäsittelyssä tullut hilse, hitsauksessa tullut kuona tai mahdollisista työkaluista tulleet jäljet on poistettu. Mikäli näitä mahdollisia pinnan epäpuhtauksia ei poisteta, saattaa teräkseen lopulta syntyä korroosiota.

Korroosiotapahtuman estämiseksi ovat epäpuhtaudet ja mahdolliset työstön jäljet poistettava niin sanotun happopeittauksen avulla. Peittäus poistaa tehokkaasti kaikki epäpuhtaudet teräksen pinnalta ja mahdollistaa näin uuden ja vahvan kromioksidikalvon muodostumisen teräksen pinnalle. Peittäuskylpy sisältää tavallisesti 0,5-5 tilavuus- % fluorivetyhappoa ja 8-20 tilavuus- % typpihappoa (HNO₃) 25–60 °C lämpötilassa. Uuden ja vahvan kromioksidikalvon palautuminen alkaa peittäusta seuraavassa vesihuuhtelussa.

[http://www.blucher.fi/ble800/adddl.nsf/web/FiDownload/\\$File/FIEuropeCatalogue.pdf](http://www.blucher.fi/ble800/adddl.nsf/web/FiDownload/$File/FIEuropeCatalogue.pdf)

TAULUKKO 8. Ruostumattoman teräksen materiaaliominaisuudet (Lähde: <http://www.blucher.fi/www.nsf/brochures-fi.html>, 16)

■ Materiaaliominaisuudet

Materiaali:	AISI 316 L 1.4404	AISI 304 1.4301
Koostumus		
Hiti (C %)	Max. 0,03	Max. 0,07
Kromi (Cr %)	16,5 - 18,5	17,0 - 19,0
Nikkeli (Ni %)	11,0 - 14,0	8,5 - 10,5
Molybdeeni (Mo %)	2,0 - 2,5	-
Mangaani (Mn %)	Max. 2,0	Max. 2,0
Pii (Si %)	Max. 1,0	Max. 1,0
Rikki (S %)	Max. 0,030	Max. 0,030

■ Fysikaaliset ominaisuudet

Rakenne:	Austeniittinen (epämagneettinen)	Austeniittinen (epämagneettinen)
Tila	Lämpökäsittelemätön	
Tiheys (g/cm ³)	7,98	7,9
Sulamispiste (°C)	Ca. 1400	Ca. 1400
Kuorutumiskorroosiolämpötila ilmassa (°C)	800 - 860	800 - 860
Pituuden lämpötilakerroin alueella 20 - 100 °C (m/m · °C)	16,5 · 10 ⁻⁶	16,5 · 10 ⁻⁶
Ominaisvastus (20° C) (Ω · mm ² /m)	0,75	0,73
Lämmönjohtavuus (20° C) (W/°C·m)	15	15
Ominaislämpö (J/g · K)	0,5	0,5

■ Mekaaniset ominaisuudet

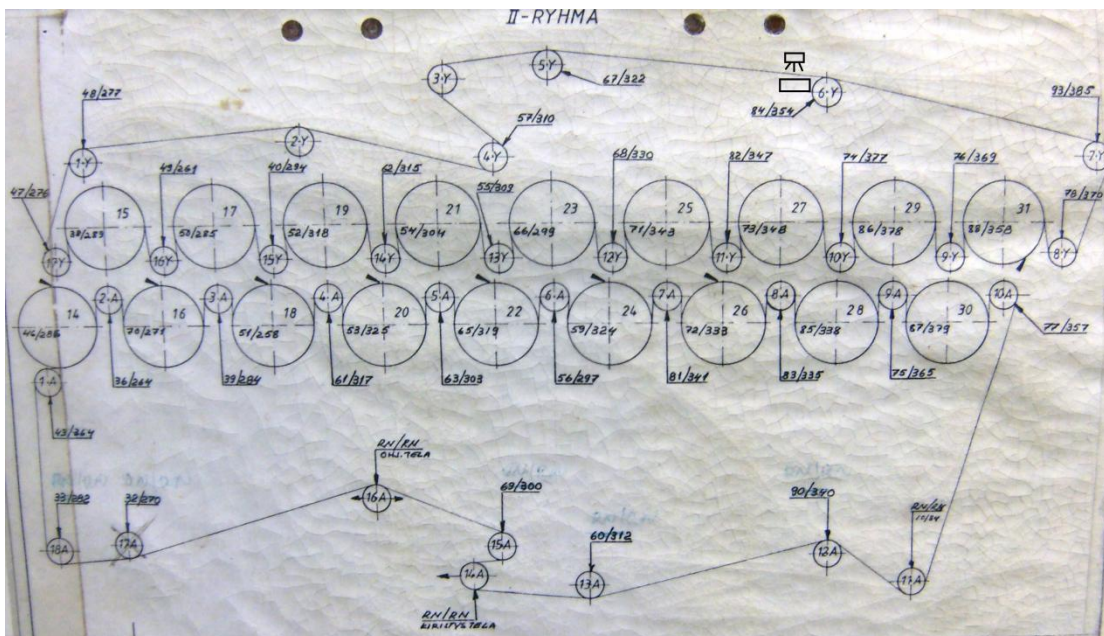
Vetomurtolujuus (Rm) (N/mm ²)	490 - 690	500 - 700
0,2 % venymäraja (Rp0,2) (N/mm ²)	190	195
Kimmomoduuli (E) (20° C) (N/mm ²)	2,0 · 10 ⁵	2,0 · 10 ⁵
Brinell-kovuus (HB) (N/mm ²)	120 - 180	130 - 180

4.3 Tilasuunnittelu

Pesujärjestelmän suunnittelussa yhdeksi suurimmaksi rajoittavaksi tekijäksi muodostui pesujärjestelmän vaatima tilantarve. Kartonkikoneen kuivatusosalla kuivatussylinterit, ohjaus- ja taittotelat ovat sijoittuneet paikka paikoin hyvin tiiviisti. Järjestelmän suunnittelun ensimmäisiä vaiheita oli siis valita paikka, johon se pystytään tilan puolesta sijoittamaan. Sijoituspaikassa tulee myös ottaa huomioon huollon tarve ja liian keruukaukalon pesumahdollisuus huoltoseisokkien aikana. Pesujärjestelmän rakenteessa sijoitusta ajatellen on huomioitava sen monistettavuus. Järjestelmä pitää pystyä myös tilansa puolesta monistamaan muillekin kuivatusryhmille.

Alla olevassa kuvassa on osoitettu pesujärjestelmän sijoituspaikka. Oskilloiva korkeapainesuihkuputki tullaan sijoittamaan kuivatusviiran yläpuolelle ohjaustelan 6-Y

etupuolelle. Pesuvedenkeräyskaukalon sijoituspaikka on kuivatusviiran alapuolella samassa linjassa oskilloivan korkeapainesuihkuputkien kanssa. Kuivatusviiran pesujärjestelmällä pestään kuivatusviiran paperipuolelta ja pesuvesi likoineen kerätään talteen paperin taustapuolelta. Pesujärjestelmän sijoituspaikka on hyvä olla mahdollisimman alussa kuivatusviiran paluukiertoa, koska tällöin pesty kuivatusviira ehtii kuivumaan hyvin, ennen kuin kuivatusviira ja kostea kartonkiraina palaavat kuivatuskiertoon.



KUVA 20. Suihkuputken sijoituspaikka (Powerflute Oyj, Savon Sellu)

4.4 Hyödynnettävät komponentit

Ensimmäisen pesujärjestelmän suunnittelussa hyödynnettiin Powerflute Oyj:n, Savon Sellulta valmiiksi löytyviä ja pesujärjestelmässä tarvittavia komponentteja. Näitä komponentteja olivat korkeapainepumppu (kuva 21), suihkuputki, liankeruukaukalo (kuva 23) sekä pesujärjestelmän runkopalkit (kuva 22).

Ensimmäisessä toteutettavassa pesujärjestelmässä käytetään valmiita komponentteja. Mikäli komponentit osoittautuvat riittämättömiksi hyvien pesutulosten saavuttamiseksi, voidaan komponentteja vaihtaa myöhemmässä vaiheessa tarpeiden mukaan. Powerflute Oyj:n Savon Sellulla oleva 3 MPa korkeapainepumppu ei vastaa testipesuissamme käyttämää 5 MPa pesupainetta. Uskomme järjestelmän kuitenkin pitä-

vän viirat puhtaina, koska säännöllisen pesun ansiosta ne eivät pääse likaantumaan tai tukkiintumaan niin pahasti kuin testipesuissa käyttämämme koeviirat.



KUVA 21. Korkeapainepumppu, 3 MPa



KUVA 22. Pesujärjestelmän runkopalkki



KUVA 23. Liankeruukaukalo.

4.5 Suihkuputki

Suihkuputkessa on sisäänrakennettu manuaalisesti käytettävä puhdistusharja (kuva 24). Puhdistusharjalla suihkuputki ja korkeapainesuuttimet puhdistetaan mahdollisuuksien mukaan pari kertaa vuorokaudessa. Näin likaa ei pääse muodostumaan suihkuputken sisäpinnoille. Suihkuputki valmistetaan tarkkoja sovitteita käyttäen, jotta pesutulos olisi paras mahdollinen. Tällöin harja on tiukasti putkessa ja puhdistaa myös suihkuputken yläosaa koko matkalta.

Pesuharjan kuntoa tulee tarkkailla säännöllisesti, koska kulunut pesuharja ei pese enää kunnolla suihkuputken sisäosaa, jolloin sinne kertynyt likakalvo saattaa pudota ja tukkia korkeapainesuuttimet. Tuleekin muistaa, että kiertovettä ei tule käyttää suihkuputkissa, joissa ei ole puhdistusharjaa.

Kiertovedessä saattaa olla runsaasti täyteaineita, jolloin muun muassa suuttimien kuluminen lisääntyy. Suuttimien kulumista voidaan vähentää vaihtamalla metallisten suuttimien tilalle rubiinisuuttimet. Nämä ovat paremmat suuttimet korkeapainesuihkuputkeen muun muassa niiden moninkertaisen käyttöikänsä ansiosta. Suuttimien vaihtotyö on yleensä kallista, mutta kuluneiden suuttimien käyttö voi pahimmassa tapauksessa tulla monta kertaa kalliimmaksi.



KUVA 24. Harjalla varustettu suihkuputki

Suihkuputken suunnittelussa täytyy ottaa huomioon putken riittävä jäykkyys koko koneen leveydelle. Laskuissa otetaan huomioon veden ja suihkuputken yhdessä tuottama maksimaalinen tasainen kuorma.

Suihkuputken rakenteen riittävä jäykkyys laskettiin tasaisen kuorman taipuman f kaavalla,

$$f = \frac{5 * F * l^3}{384 * E * I}, \text{ jossa}$$

F on max. painokuorma (N)

l on suihkuputken pituus laakeripesästä laakeripesään (mm)

E on AISI316L kimmomoduuli (N/mm²)

I on neliömomentti (mm⁴)

(Valtanen 2008, 443)

Suihkuputken kaltaiselle putkimaiselle kappaleelle neliömomentti I lasketaan kaavalla,

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right), \text{ jossa}$$

D on suihkuputken ulkohalkaisija (mm)

d on suihkuputken sisähalkaisija (mm)

(Valtanen 2008, 441)

Suihkuputken maksimaalinen kuorma saadaan laskemalla suihkuputken oma paino yhteen maksimaalisen vesikuorman kanssa,

$$F = mg$$

$$m_{vesi} = V_{vesi} * \varphi_{vesi}$$

$$m_{suihkuputki} = V_{suihkuputki} * \varphi_{suihkuputki}$$

$$\rightarrow$$

$$m_{kok} = m_{vesi} + m_{suihkuputki} , \text{ joissa}$$

F on kuorma (N)

m on massa (kg)

V on tilavuus (mm³)

φ on tiheys (kg/dm³)

g on maan vetovoima (m/s²)

(Valtanen 2008, 187 - 365)

Sijoittamalla lasketut arvot tasaisen kuorman taipuman kaavaan saadaan tulokseksi $f \approx 0,5mm$. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, että rakenne on riittävän jäykkä ja taipuma ei vaikuta pesutapahtumaan.

4.5.1 Oskillointinopeus

Jos oskillointilaitteen nopeus kuivatusviiran pyörimisnopeuden suhteen on suuri, muodostuu viiralle suuri määrä sininin muotoisia suihkun jälkiä. Liian suuren nopeuden seurauksena kestää useita tunteja ennen kuin suihkut ovat osuneet edes kerran kaikkiin viiran kohtiin. Tällöin suihkut ovat osuneet moniin viiran kohtiin jo useamman kerran ja tästä syystä pesutuloksesta muodostuu epätasainen.



KUVA 25. Epätasainen pesutulos (Innofabrics by Tamfelt, Oikeilla kudosvalinnoilla säästetään energiaa, 2/2009, 8)

Oikea oskillointi nopeus saadaan kaavasta:

$$v = \frac{s}{L} * k, \text{ jossa}$$

$v =$ Oskillointinopeus (mm/min)

$L =$ Kuivatusviiran pituus (m)

$s =$ Koneen käyntinopeus (m/min)

$k =$ Suihkun vaikutusalue (mm, noin 2 kertaa suuttimen reiän halkaisija)

(Lecher, How to choose the right shower / oscillator, 1)

Jos kuivatusosalla kuivatusryhmien käyntinopeus vaihtelee paljon, voidaan oskillointinopeus säätää synkronisesti koneen ratanopeuden mukaan. Tämä voidaan tehdä taajuusmuuntajalla tai elektronisella oskillointilaitteella. Elektronisella oskillointilaitteella oskillointiliike voi olla toiseen suuntaa hidas ja toiseen suuntaan nopea.

4.5.2 Oskillointipituus

Oskillointipituuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- kuivatusviiran ratanopeus
- suutinten välinen etäisyys
- käytössä oleva pesuaika.

Oskillointipituuden tulee kuitenkin olla vähintään kaksi kertaa pesusuutinten välinen etäisyys. Minimipituus sen vuoksi, että yhden suuttimen tukkiutuessa oskillointipituus kattaa vielä koko viiran pesuleveyden.

Suunnitellussa kuivatusviiran pesujärjestelmässä suutinten välinen etäisyys on 100 mm, joka tarkoittaa, että oskillointipituuden tulee olla vähintään 200 mm.

Laskennallinen oskillointi nopeus on 21 mm/min. Kuivatusviiran pesuun käytettävä aika ratakatkon aikana on 10 min, joka määrää oskillointi-iskunpituudeksi 210 mm. Tämä oskillointi-iskunpituus täyttää asetetun vähimmäisvaatimuksen eli 200 mm.

4.6 Korkeapainesuuttimet

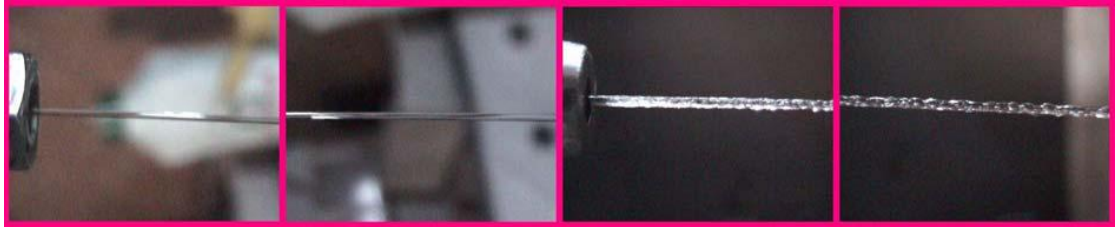
Jokaiselle kudokselle paperi- ja kartonkikoneella on määritelty tietyt ominaisuudet, jotka niiden tulee täyttää. Nämä vaatimukset voidaan hyvin pitkälti ylläpitää säännöllisellä ja tehokkaalla kudosten puhdistamisella. Tehokkaalla puhdistamisella päästään lisäksi tehokkaaseen ja taloudelliseen lopputulokseen.

Nestesuutin on yksi oleellisimmista osista tuotantoprosessissa. Tämän vuoksi suuttimen valintaan on kiinnitettävä riittävästi huomiota. Suuttimen tehtävä voidaan jakaa seuraaviin tehtäviin:

- Halutun tilavuusvirtauksen tuottaminen tietyllä paineella
- Halutun tyyppisen suihkun muodostaminen
- Ruiskutettavan nesteen pisaroittaminen haluttuun kokoon

Oikein valitut suuttimet auttavat pidentämään määränpään kudosten elinikää, vähentävät tuotantokatkoja sekä optimoivat vedenkulutusta.

Korkeapainesuihkujen toimivuudella ja kudosten pesutuloksella on tärkeä rooli koneen ajettavuudessa. Eniten pesutulokseen voidaan vaikuttaa oikealla suutinvalinnalla.



KUVA 26. Laminaarinen ja turbulenttinen virtaus suuttimessa (Lähde: Hans J. Struck, Showering in the wire and press section, 06/2004, 8)

Valitsimme pesujärjestelmäämme suuttimiksi 0,9 mm rubiinisuuttimet (pistesuutin). Pistesuutin muodostaa lujaa iskevän, pistemäisen nestesuihkun. Oikealla muotoilulla ja pesuparametreilla saadaan aikaan suihku, joka pysyy yhtenäisenä pitkän matkan suuttimen jälkeen.



KUVA 27. Pistesuutin ja sen muodostama jälki (Lähde: SGN- tekniikka, Suutin tärkeä osa prosessia, 3-4)

Rubiinisuuttimet ovat erittäin paljon kulutusta kestävää materiaalia, jonka seurauksen niillä on pitkä käyttöikä. Lisäksi suuttimien rungot on valmistettu haponkestävästä 1.4404 316L teräksestä, joten suuttimet kestävät kovimmatkin olosuhteet säilyttäen alkuperäiset ominaisuutensa. Äärimmäisten kulutusominaisuuksiensa ansiosta suuttimien pesusuihku pysyy laminaarisena koko elinkaarensa ajan, varmistaen näin kusten puhtaana pysymisen sekä pitkän vaihtovälin. Nämä virtaus- ja kulutusominaisuudet saavutetaan rubiiniin ansiosta. Rubiini on kovuudeltaan maailman toiseksi kovin mineraali timantin jälkeen.

TAULUKKO9. Moshin kovuuden mukaan mitatut maailman viisi kovinta ainetta.

Nimi	Kemiallinen koostumus	Kovuus
Timantti	C	10
Korundi, Rubiini	Al ₂ O ₃	9
Topaasi	Al ₂ Si O ₄ (F, OH ₂)	8
Keraamit		7-8
Zirkonia	Zr Si O ₂	7,5

Paras pesutulos saavutetaan, kun korkeapainesuuttimesta lähtevä suihku säilyy laminaarisena ennen osumistaan kudokseen. Laminaarinen pesuvesisuihku tunkeutuu syvemmälle kudokseen kuin turbulenttinen suihku ja saa näin epäpuhtaudet irtoamaan paremmin.

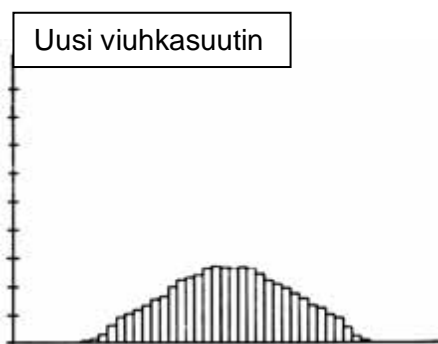


KUVA 28. Rubiinisuitin (Lähde: Prohanke, Kokemuksella kulutusta kestävä prosessi- ja varaosat paperiteollisuuteen)

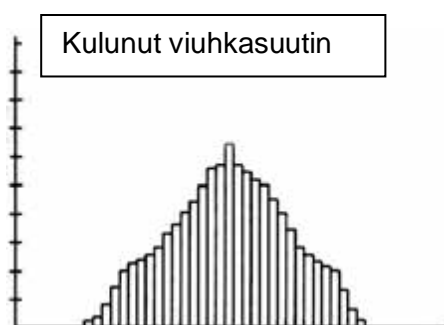
4.6.1 Korkeapainesuuttimien kuluminen

Suutin kuluu ja vioittuu käytössä samalla tavalla kuin mikä tahansa kulutuksen alla oleva koneenosa tai komponentti. Kulunut suutin ehtii kuitenkin aiheuttaa jo vahinkoa ennen kuin kuluminen on aivan selvästi havaittavissa itse suihkusta. Kulumisesta on seurauksena

- muutos suihkukulmassa (viuhkasuutin)
- muutos tilavuusvirtauksessa
- huonontunut suihkun tasaisuus iskupinnalla
- suurentunut pisarakoko
- muutos suihkun iskukulmassa
- muutos järjestelmän paineessa.



KUVA 29. Uuden viuhkasuuttimen suihkun jakautuminen (Lähde: SGN- tekniikka, Suutin tärkeä osa prosessia, 14)



KUVA 30. Kuluneen viuhkasuuttimen suihkun jakautuminen (Lähde: SGN- tekniikka, Suutin tärkeä osa prosessia, 3-4)

Yllä olevissa kuvissa (kuva 29 ja kuva 30) on havainnollistettu uuden viuhkasuuttimen suihkun jakautuminen iskupinnalle verrattuna kuluneeseen viuhkasuuttimeen. Epätasaisuuden lisäksi voidaan huomata virtauksen kasvaminen. Tämä merkitsee suunnittelua suuremman vesimäärän ruiskuttamista epätasaisesti kohteen pinnalle. Tämän vuoksi suuttimet on syytä vaihtaa jo ennen kuin suihkun epätasaisuuden muutos on silmin havaittavissa. Suuttimen kulumisesta käytännössä esiin tulevat useimmiten seuraavat ongelmat:

- Kuluminen: Jatkuva virtaus kuluttaa materiaalia suuttimen suutinaukossa ja laajentaa suutinta. Myös suuttimen sisällä mahdollisesti olevat suutinohjaimet kuluvat virtauksen vaikutuksesta. Tästä seuraa pisarakoon kasvaminen ja suihkukulman muutos. Kuluminen vaikuttaa myös virtaukseen ja paineeseen.
- Korroosio: Jos suuttimen materiaali on mahdollisesti valittu väärin, vaikuttaa ruiskutettava materiaali tai toimintaympäristö suuttimeen kestävyYTEEN. Seuraukset ovat samankaltaisia kuin kulumisessakin.
- Lämpötila: Toimintalämpötila tulee ottaa huomioon, mikä toimitaan ääriolosuhteissa. Väärin valittu materiaali voi lämpötilan seurauksesta haurastua ja menettää toimintakykynsä.
- Tukkeutuminen: Ruiskutettavan nesteen mukana kulkeutuvat partikkelit (humus, kuidut, muut lika-aineet) saattavat tukkia suutinaukon.
- Väärä puhdistustapa: Suutin tulee aina puhdistaa harjalla mikäli mahdollista. Erilaisten terien käyttö pilaa suuttimen.

(S.G.N tekniikka, suutin tärkeä osa prosessia, 15)

4.7 Liankeruukaukalo

Liankeruukaukalo kerää korkeapainepesussa kuivatusviiran läpi tulleen pesuveden ja likapartikkelit talteen niiden joutumatta takaisin prosessiin. Liankeruukaukalossa oli oltava mahdollisuus huuhtoa tai pestä se tarvittaessa puhtaalla vedellä. Kaukaloon suunniteltiin hieman laskua, että pesu- tai huuhteluvesi ei jäisi seisomaan liankeruukaukalon pohjalle. Suunniteltu liankeruukaukalo tehdään 1.4404 (X2CrNiMo17-12-2) 316L haponkestävästä teräksestä.

Kaukaloa voidaan huuhdella ajon tai katkon aikana siihen suunnitellun vesiyhteen kautta. Vesiyhteenä huuhteluviedelle toimii $\frac{3}{4}$ " kynsiliitin, johon on helppo yhdistää pesuvesiletku. Huuhtelu tai pesuvien poisto on toteutettu toisesta päästä kaukaloa poistoletkulla suoraan kanaaliin.

Kaukalo sijoitetaan kuivatusviiran alapuolelle, joka on kaikkein tehokkain poistosuunta epäpuhtauksille.

Savon Sellun kartonkikone on poikkeuksellisen leveä, joten suunnittelussa on laskettava kaukalon rakenteen riittävä jäykkyys koko koneen leveydelle. Keruukaukaloon suunniteltiin lisäksi jäykisteitä koko leveydelle 1,4 m välein.

Kaukalon sijoituksessa otetaan huomioon kuivatusviiran lepatus ajon aikana ja pyritään välttämään sijoittamista liian lähelle tai liian kauas viiran pintaa.

Liankeruukaukalon suuren leveyden vuoksi se valmistetaan useasta osasta hitsaamalla päittäin osat, jotka on taivutettu valmiiksi oikeaan profiiliin.

4.8 Putkilinjat

Korkeapainepesussa käytettävä vesi, lämmin raakavesi, johdetaan korkeapainesuihkuputkelle putkilinjaa pitkin. Putkilinjan on oltava sopivan kokoinen riittävän tilavuusvirran saavuttamiseksi. Korkeapainepumpun tuotto ja suihkuputken tarvitsema veden määrä määrittää tarvittavan putkilinjan koon. Suihkuputkessa on 69 kpl 0,9 mm rubiinisuihkuputkia, joka tarkoittaa 134 l:n vesitarvetta minuutissa (Taulukko 10). Putkilinja mitoitettiin 8 m/s virtausnopeudelle ja 5 MPa käyttöpaineella kaavalla:

$$A = \frac{q}{v}, \text{ jossa}$$

A on Putken pinta – ala (m²)

q on Tilavuusvirtaus, suutinten kokonaistuotto (m³/s)

v on Virtausnopeus (m/s)

(Valtanen 2008, 924)

Kaavasta laskemalla saadaan tulokseksi putken sisähalkaisijaksi $d \approx 39 \text{ mm}$.

Laskun perusteella putkeksi valittiin standardin EN 1.4404, EN 10217-7 TC1 mukaan 42,4 x 1,6 mm, haponkestävä peitattu putki.

Virtauksen laminaarisuus varmistettiin laskemalla Reynoldsin luku kaavalla:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\eta}, \text{ jossa}$$

Re on Reynoldsin luku

ρ on virtaavan aineen tiheys (g/cm³)

η on veden kinemaattinen viskositeetti, lämpötilassa 20 °C = 1 cSt = 10⁻⁶ m²/s

d on Putken sisähalkaisija (mm)

(Valtanen 2008, 224)

Jos $Re < 2300$, niin virtaus putkessa on laminaarista. Suuremmilla Re :n arvoilla virtaus on turbulenttista.

Laskusta luvuksi saadaan 31200, josta voidaan todeta virtauksen olevan turbulenttista, joten sisäisen kitkan vaikutus virtauksessa on pieni.

4.9 Puhdistuskemikaalin levitysjärjestelmä

Puhdistuskemikaalin levitysjärjestelmä levittää puhtaanapitokemikaalin kuivatusviiran pintaan ratakatkon tai seisokin aikana. Kemikaali levitetään matalapainesuihkuputkessa olevien suuttimien kautta kemikaalikontista sumuna viiranpintaan. Kemikaali pumpataan kontista omalla annostelupumpulla putkilinjaa pitkin suihkuputkelle.

Kemikaali muodostaa kuivatusviiran pintaan suojakalvon, joka estää likojen ja tahmojen tarrautumisen viiranpintaan kartonkikoneen ajon aikana. Matalapainesuihkuputki integroidaan korkeapainesuihkuputkeen erillisten kiinnikkeiden avulla, jotka suunnitellaan suihkuputken asettamien vaatimusten ja koon mukaan.

Suunnittelussa on huomioitava ja laskettava matalapainesuihkuputken riittävä jäykkyys ja tarvittaessa lisättävä kannakkeita tai jäykisteitä. Suunnittelussa tulee myös ottaa huomioon korkeapaineputken lisääntyvä painokuorma, jonka kemikaalinlevityspotki aiheuttaa.

Suihkuputkessa pitää olla oma huuhtelukanaava, jota kautta kemikaaliputki voidaan ajoittain huuhdella puhtaalla vedellä.

Suutinten valinnassa otetaan tarkoin huomioon käytettävän kemikaalin kemiallinen koostumus. Suutinten välinen etäisyys määräytyy suuttimen mallin ja levitettävän kemikaalin koostumuksen mukaan.



KUVA 31. Mahdollinen kemikaalikontin sijoituspaikka

5 MUUT HUOMIOITAVAT ASIAT

Muissa huomioitavissa asioissa on käyty lävitse yleisiä asioita, jotka liittyvät kuivatusviiran pesujärjestelmän suunnitteluun ja sen käyttöön.

Kustannussäästölaskelmissa on osoitettu kuivatusviiran pesujärjestelmän tuomat kustannussäästöt kuivatusosalla höyrynkulutuksen osalta.

5.1 Käytettävän pesuveden laatu ja määrä

Kuivatusosan korkeapainepesujärjestelmän vedenkulutusmäärä tulee olemaan varsin vähäistä (taulukko 10). Korkeapainepesujärjestelmää käytetään vain katkon aikaiseen pesuun. Katkon keskimääräinen kesto on n. 10 min, jonka aikana pesujärjestelmä käyttää lämmintä raakavettä, joka tulee sivutuotteena Savon Sellun voimalaitoksen jäähdytysvedestä. Tämä lämmin raakavesi on erittäin puhdasta ja on täysin vapaa likapartikkeleista. Pesuveden pH on 8,9, sähkönjohtavuus 29mS/m ja lämpötila on noin 60 astetta. PH-arvo otetaan huomioon, mikäli pesuveteen lisätään pesuaineita tai kemikaaleja. Kuivatusviiran pesujärjestelmässä käytetään ainoastaan puhdasta raakavettä, joten sähkönjohtavuudella ja pH:lla ei ole nimellistä merkitystä.

Pesuprosessissa pesuvesi ja irronnut lika kerätään talteen liankeruukaukalolla, joka on sijoitettu suoraan oskilloivan korkeapainesuihkuputken alapuolelle (kuva 20). Talteen otettu pesuvesi johdetaan poistoputkistoa pitkin kanaaliin sieltä edelleen jätevedenpuhdistuslaitokselle.

TAULUKKO 10. Vesimäärä l/min per suutin (Oy Brynolf Grönmark Ab, STAMM suuttimet, varmuutta suihkuputkien toimintaan, 2).

Suutin koko	Veden paine (bar)														
	1	2	3	4	6	8	10	15	20	30	40	50	60	70	80
0,7	0,20	0,28	0,34	0,40	0,48	0,56	0,63	0,77	0,89	1,08	1,25	1,40	1,53	1,66	1,77
0,8	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	1,30	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,50
0,9	0,35	0,50	0,61	0,71	0,87	1,00	1,12	1,37	1,58	1,94	2,24	2,50	2,74	2,96	3,17
1,0	0,50	0,70	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60	2,00	2,20	2,70	3,10	3,50	3,80	4,20	4,40
1,2	0,60	0,90	1,30	1,50	1,60	1,80	2,00	2,50	2,90	3,50	4,00	4,50	4,90	5,30	5,70
1,5	1,00	1,40	1,70	2,00	2,40	2,80	3,00	3,80	4,30	5,30	6,10				
2,0	1,80	2,50	3,10	3,60	4,40	5,00	5,60	6,90	7,90	9,70	11,20				
2,5	2,80	4,00	4,90	5,60	6,90	7,90	8,90	10,80	12,60	15,50	17,90				
3,0	4,50	6,30	7,80	9,00	11,00	12,60	14,10	17,50	20,00	24,00	28,00				
4,0	7,20	10,1	12,4	14,3	17,5	20,6	22,7	27,6	32,0	39,0					
5,0	11,2	15,8	19,4	22,4	27,4	31,5	35,4	42,7	50,0	60,0					
6,0	17,8	25,0	31,0	35,8	43,8	50,4	56,6	68,3	80,0	95,0					
7,0	22,3	31,2	39,0	45,0	55,0	63,0	72,0	87,0	102,0	120,0					
8,0	28,0	40,0	49,0	56,0	69,0	79,0	89,0	107,5	126,0	149,0					

*Järjestelmän yhden 0.9 mm aukolla olevan suuttimen vedenkulutus on 1,94 l/min (30 bar) ja suuttimia putkessa on 69 kpl. Yhteensä vedenkulutus on 134 l/min => n. 8 m³/h.

5.2 Huollettavuus

Kuivatusviiran pesujärjestelmän suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon järjestelmän helppo huollettavuus. Huollettavuuden tarve tulee olla minimaalinen. Huolto suoritetaan yleensä lyhyiden huoltoseisokkien aikana, jolloin ylimääräistä aikaa ei ole käytettävänä monimutkaisten rakenteiden purkamiseen ja kasaamiseen. Pesujärjestelmä koostuu mahdollisimman vähistä komponenteista, jotka ovat rakenteeltaan hyvin yksinkertaisia. Osat ovat pitkälti standardiosia, jotta laiterikon sattuessa uudet osat ovat nopeasti ja helposti saatavilla.

Suutinpesät ovat suunniteltu rakenteeltaan sellaiseksi, että ne eivät kerää ratakaton sattuessa likaa itseensä. Ratakatko voisi aiheuttaa mahdollisesti itse suuttimien tukkiintumisen.

Suihkuputkessa on sen poisnostoa varten korvakkeet, joista putken saa helposti nostettua koneen välistä tarvittaessa pois. Poisnostoa varten itse huuvaan tehdään huoltoaukko, josta koko järjestelmä saadaan poistettua huuvan sisältä.

Koko järjestelmän suunnittelussa oli huomioitava mahdollisimman mekaaninen rakenne, joka vähentää huollon tarvetta automaatio- ja sähköongelmien osalta.

Lisäksi pesujärjestelmän sijoituspaikasta riippuen täytyy varmistaa luoksepäästävyys huollon aikana. Mikäli sijoituspaikassa ei ole valmiina hoitotasoa, josta järjestelmää voi huoltaa, on se tehtävä ennen pesujärjestelmän käyttöönottoa.

5.3 Työturvallisuus

Työnantaja on velvollinen huolehtimaan siitä, että työtä voidaan tehdä työpaikalla turvallisesti. Työntekijän terveydellä tarkoitetaan sekä työntekijän fyysistä että henkistä terveyttä. Työturvallisuuden tavoitteena on tapaturmien ja ammattitautien sekä muiden työstä ja työympäristöstä johtuvien ruumiillisten ja henkisten terveyshaittojen ja vaarojen ennalta ehkäiseminen ja torjuminen. Tärkein työturvallisuutta koskeva laki on työturvallisuuslaki.

Työturvallisuus on tärkeä osa, kun tehdään muutoksia tai lisäyksiä prosessiin. Pahimpana työturvallisuusriskinä pesujärjestelmän johdosta tulee olemaan korkea vedenpaine, jota pesussa käytetään. Suihkuputki on kuitenkin sijoitettu siten, että sen luoksepäästävyys on lähes mahdotonta pesun aikana. Muita työturvallisuusriskejä järjestelmässä on huollon aikana aiheutuvat työturvallisuusriskit, joista toimeksiantaja on ohjeistanut käyttäjiä erikseen (liite 3).

5.4 Kustannussäästöt pesujärjestelmän johdosta

Suurimpina kustannussäästöinä pesujärjestelmän toteutuksessa tulevat olemaan säästöt viiranvaihtovälissä sekä säästöt kuivatukseen tarvittavan höyryn määrässä. Seuraavat laskelmat ovat ainoastaan suuntaa antavia ja tehty asiantuntijoiden antamien arvioiden perusteella.

Laskuissa ei oteta huomioon viiran normaalia kulutusta ja sen mukana tuomaa höyryn kulutusta.

- Kuivatusviiran hinta n. 30 000 €/kpl
 - vaihtoväli 9 kk (tällä hetkellä)

- Höyryn hinta n. 35€ / tn
 - kulutus n. 1,6 t/tuotettu kartonkitonni

Mikäli järjestelmä toimii optimaalisesti, saadaan viiran vaihtoväli kasvatettua 15 kuukauteen ja höyrynkulutusta laskettua jopa 5 %. Tämä tarkoittaa huomattavia vuosittaisia säästöjä.

Kolmessa vuodessa:

Viirujen vaihdossa saatava säästö: 2 kpl viiroja/pesuri = 60000 €

Höyryn kulutuksesta saatava säästö:

5 % * 260 000 tn * 1,6 tn * 35 € * 3 vuotta = 2184000 €

YHT. 2 184 000 € + 30 000 € x viiramäärä

Viidessä vuodessa:

Viirujen vaihdossa saatava säästö: 3 kpl viiroja/pesuri = 90000€

Höyryn kulutuksesta saatava säästö:

5 % * 260 000 tn * 1,6 tn * 35 € * 5 vuotta = 3 640 000 €

YHT. 3 640 000 € + 90 000 € x viiramäärä

Kymmenessä vuodessa:

Viirujen vaihdossa saatava säästö: 5 kpl viiroja/pesuri = 150000 €

Höyryn kulutuksessa saatava säästö:

$5\% * 260\,000 \text{ tn} * 1,6 \text{ tn} * 35 \text{ €} * 10 \text{ vuotta} = 7\,280\,000 \text{ €}$

YHT. 7 280 000 € + 150 000 € x viiramäärä

5.5 Asennusohjeet

- 1) Pesujärjestelmän runkopukkien asentaminen kartonkikoneen raameihin
 - Runkopukit asennetaan kartonkikoneen raameihin valittuun asennuskohtaan neljällä 20 mm HK-pultilla.
- 2) Suihkuputken laakeripesien asentaminen
 - Laakeripesät asennetaan runkopukkien päälle molemmin puolin konetta. Laakeripukit kiinnitetään neljällä HK-pultilla runkopukkien kiinnityslevyjen läpi.
- 3) Suihkuputken asentaminen suuttimiseen ja pesuharjoineen
 - Suihkuputkeen asennetaan harja sekä suuttimet ennen suihkuputken nostamista laakeripesilleen. Suihkuputki nostetaan kokonaisuudessaan nostokorvakkeista laakeripukkien päälle. Laakeripesät suljetaan kun suihkuputki on paikoillaan.
 - Suihkuputki asennetaan siten, että oskillaattori tulee kartonkikoneen käyttöpuolelle.
- 4) Lineaarioskillaattorin asentaminen
 - Mikäli oskillaattori ei ole aikaisemmin valmiiksi asennettu suihkuputkeen, asennetaan se tässä vaiheessa oskilloivan korkeapainesuihkuputken sivulle. Oskillaattori kiinnitetään runkopukin kiinnityslevyyn.
 - Tässä vaiheessa varmistetaan, että ohjuri, joka estää suihkuputken kääntymisen käytön aikana, on kohdillaan. Myös oskillaattorin tukeva asentaminen varmistetaan.

5) Liankeruukaukalon asentaminen

- Liankeruukaukalo asennetaan samoihin runkopukkeihin, joihin suihku-putki laakeripesineen asennetaan.
- Kaukalo kiinnitetään runkopukkeihin päistään kannattimille kahdella 14 mm HK-pulteilla.

6) Pesuputkiston veto korkeapainepumpulle

- Pesuputkisto kiinnitetään suihkuputkeen käyttöpuolelta ja kuljetetaan sopivaksi katsottua reittiä pitkin korkeapainepumpulle. Pesuputkiston viemisessä tulee välttää mutkia ja taitoksia painehäviön minimoimiseksi.
- Tässä vaiheessa myös pesu- ja huuhteluveden poistoputket johdetaan kanaaliin.

7) Pesujärjestelmän kytkeminen Savon Sellun ohjausjärjestelmään

- Lopuksi koko järjestelmä kytketään Savon Sellun kartonkikoneen ohjausjärjestelmään kytkentäkaavion perusteella.
- Kytkennän tekee sähköalan ammattilainen työturvallisuusohjeita noudattaen.

8) Mahdollinen kemikaalin levitysjärjestelmän asentaminen

- Putkikiinteiden asentaminen korkeapainesuihkuputkeen
- Kemikaalin levityssuihkuputken asentaminen putkikiinnikkeisiin
- Kemikaaliputkiston veto kemikaalipumpulle ja -kontille.

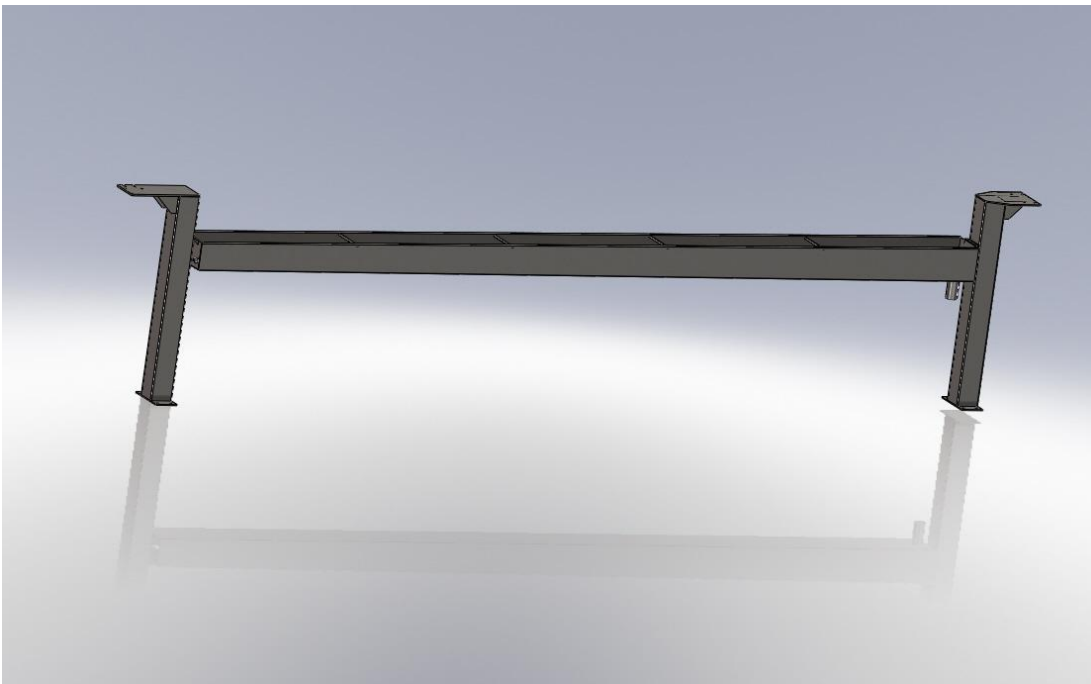
Asennuspaikassa tulee varmistaa, että huoltaminen on mahdollista hoitotasolta käsin. Mikäli huoltaminen hoitotasolta ei ole mahdollista, tulee hoitotasoa jatkaa, jotta huoltaminen on helppoa ja turvallista.

Lisäksi huuvan seinään tulee tehdä miehistöluukku, joka toimii samalla kuivatusviiran pesujärjestelmän huoltoluukkuna. Huoltoluukku mahdollistaa järjestelmän poistamisen tarvittaessa tuotantotiloihin kartonkikoneen hoitopuolelle.

6 TULOKSET

Tulososiossa on kerrottu testipesuosion sekä suunnittelussa aikaansaattujen piirustusten tuloksista. Testipesuosiossa määritettiin kuivatusviiran pesujärjestelmään optimaaliset pesuparametrit. Suunnitteluvaiheessa suunniteltiin ja tehtiin valmiskiirustukset vedenkeruukaukalosta ja pesujärjestelmän runkopalkeista.

Suihkuputken kokoonpanopiirustuksena käytetään STAMM- mittalehteä.



KUVA 32. Kuivatusviiran pesujärjestelmän runkorakenteen kokoonpano

6.1 Pesuparametrit

Kaikkia haluttuja korkeapainesuuttimia ei päästy testaamaan testipesuosiossa, koska kaikkien suuttimien suutinkannat eivät käyneet pesusimulaattorin suihkuputken suutinpesiin. Suuttimia testattiin kuitenkin kolmea erilaista mallia ja näistä viittä eri kokoluokkaa. Suutinmallit olivat rubiinisuutin, metallisuutin ja Lecher:n ScaleMaster viuhkasuutin. Testattujen korkeapainesuuttimien koot olivat 0,4 mm, 0,9 mm, 1,0 mm, 1,5 mm ja 30° viuhkasuutin.

TAULUKKO 11. Testipesuosion mittauspöytäkirja. Suutinkoon vaikutus pesutulokseen.

↓

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	PESU ETÄISYYS	PESU KULMA	Ilmanläisy ennen pesuja	Ilmanläpisy pesujen jälkeen	Uuden viiran ilmanläpisy
			mm	°	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000

Testipesuissa käytettiin viittä eri suutinkokoa ja kolmea eri suutinmallia. Taulukosta 11 nähdään suutinkoon vaikutus pesutulokseen. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että mitä suurempi on suuttimen reiän koko, niin sen tehokkaampi on pesutulos. Tähän vaikuttaa olennaisesti myös käytettävä pesupaine sekä pesuetaisyys. Testipesuissa käytettiin 5 MPa ja 3 MPa pesupainetta. Viira nro. 10 pestiin 3 MPa paineella ja muut testattavat kuivatusviirat pestiin 5 MPa pesupaineella.

Mitä suurempaa suutinkokoa käytetään sen suurempi on tarvittavan veden tilavuusvirta. Esimerkiksi 1,5 mm rubiinisuiutin kuluttaa 3 MPa pesupaineella 5,3 l/min, kun taas 0,9 mm rubiinisuiutin 1,94 l/min (taulukko 10). Energiansäästökustannuksia ajatellen suutinmalli ja -koko tulee valita tarkoin ja huolella. Jos käytettävän pesuveden määrän suhteen ei ole rajoitteita, voidaan siinä tapauksessa valita suurempi suutinkoko. Tämä opinnäytetyön kuivatusviiran pesujärjestelmään valittiin 0,9 mm rubiinisuiutin (neulasuiutin).

TAULUKKO 12. Testipesuosion mittauspöytäkirja

↓

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	PESU ETÄISYYS	PESU KULMA	Ilmanläisy ennen pesuja	Ilmanläpisy pesujen jälkeen	Uuden viiran ilmanläpisy
			mm	°	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000

Taulukosta 12 nähdään testipesuosiossa suoritettujen testipesujen kulku. Testipesuissa oli käytettävissä yhteensä 23 kuivatusviirarainaa, joiden avulla etsittiin optimaalisia pesuparametreja kuivatusviiran pesujärjestelmälle. Testipesuja suoritettiin kuivatusviiran paperi- ja taustapuolelta. Tulokset osoittavat, että parempaan pesutulokseen päästiin pesemällä kuivatusviiroja paperipuolelta. Tämä johtuu osaksi siitä, että korkeapainepesun iskuenergia säilyy paremmin pesuominaisuuksien kannalta lianpuolelta pestynä. Kuivatusviiran taustapuolelta pestynä korkeapainesuihkun osuenergiasta katoaa valtaosa sen tunkeutuessa ensin taustakerroksen läpi, jonka jälkeen pesuenergia vasta pääsee osumaan likapartikkeleihin, jotka ovat kuivatusviiran paperipuolella.

TAULUKKO 13. Testipesuosion mittauspöytäkirja. Pesuetäisyyden vaikutus pesutulokseen.

↓

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	PESU ETÄISYYS	PESU KULMA	Ilmanläisy ennen pesuja	Ilmanläpäisy pesujen jälkeen	Uuden viiran ilmanläpäisy
			mm	°	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000

Taulukosta 13 nähdään pesuetäisyyden vaikutukset kuivatusviirarainojen pesutulokseen. Pesuetäisyydet olivat 50 mm, 100 mm ja 150 mm kuivatusviirasta. Pestäessä 50 mm etäisyydellä kuivatusviirasta ilmanläpäisevyys nousi 1044 m³/m²/h:sta keskiarvolla mitattuna 4776 m³/m²/h:ssa. 100 mm etäisyydeltä pestessä kuivatusviirasta ilmanläpäisevyys kuivatusviirroilla nousi keskiarvolla mitattuna 5698 m³/m²/h:ssa. Pesuetäisyyden ollessa 150 mm ilmanläpäisevyys nousi 5659 m³/m²/h. Tällä pesuetäisyydellä on huomioitava, että testipesurainoja oli käytettävissä ainoastaan kaksi kappaletta. Tulokset ovat suuntaa antavia, sillä ilmanläpäisevyudet vaihtelevat erittäin paljon jo pienelläkin alueella.

TAULUKKO 14. Testipesuosion mittauspöytäkirja. Pesukulman vaikutus pesutulokseen.

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	PESU ETÄISYYS mm	PESU KULMA °	Ilmanläisy ennen pesuja	Ilmanläpisy pesujen jälkeen	Uuden viiran ilmanläpisy
					m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000

Taulukosta 14 voidaan tarkastella pesukulman vaikutusta kuivatusviirujen pesutuloksiin. Testipesuissa käytettiin kolmea eri pesukulmaa: 90° kuivatusviiran nähden, 20° vastaan kuivatusviiraan nähden sekä 30° vastaan kuivatusviiraan nähden. Ilmanläpisevyttä tarkasteltuna tehokkain pesukulma oli 30° kuivatusviiraa vastaan pestynä. Tulos johtuu osittain siitä, että tällä suihkukulmalla korkeapainesuihku iskeytyy kuivatusviiran pintaan kulmassa, joka antaa optimaalisen iskun, sekä suihkun pyörteen lian irrottamiseen. Haittapuolena tällä suihkukulmalla pestynä oli, että suihkusta irronnut lika ja vesi suihkusivat pesusimulaattorin raameihin ja sen ympäristöön. Toisin sanoen, pesuvesi likasi pesuympäristön erittäin pahoin, ja tämä aiheuttaisi puolestaan ongelmia kuivatusosan huuvan sisällä. Tästä syystä tätä kyseistä pesukulmaa ei voitu valita kuivatusviiran pesujärjestelmään. Pestäessä 20° astetta kuivatusviiraa vastaan ongelmat olivat samankaltaisia kuin 30° vastaan pestynä, joten tämäkin pesukulmavaihtoehto sivuutettiin.

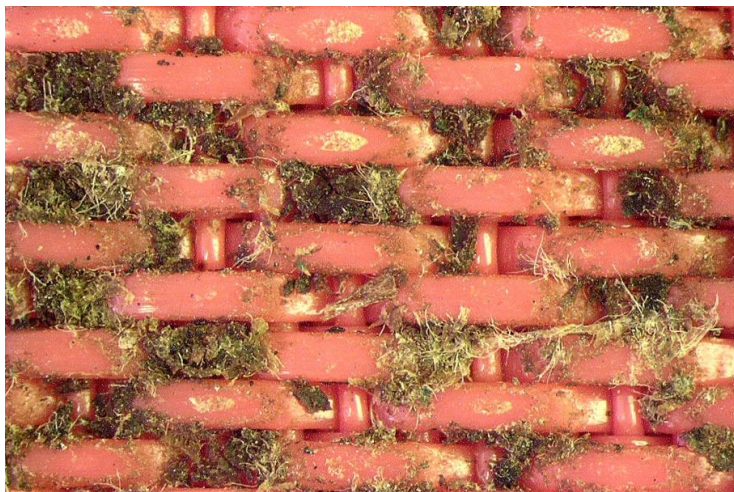
Optimaalisin pesukulma on 90° kuivatusviiraan nähden pestynä. Tällöin pesuvesi ja kuivatusviirista irronnut lika siirtyivät helpoiten ja tehokkaimmin kuivatusviiran alapuolella sijaitsevaan pesuvedenkeruukaukaloon. Tämä on tärkeää, sillä irronnut lika ja vesi on pyrittävä saamaan mahdollisimman tarkoin pois kuivatusviiran kierrosta. Tällä ehkäistään mahdollisia ratakatoja sekä kartongin laadullisia häiriöitä.

Kuivatusviiran pesujärjestelmään valittiin testipesuosion perusteella seuraavat optimaaliset pesuparametrit:

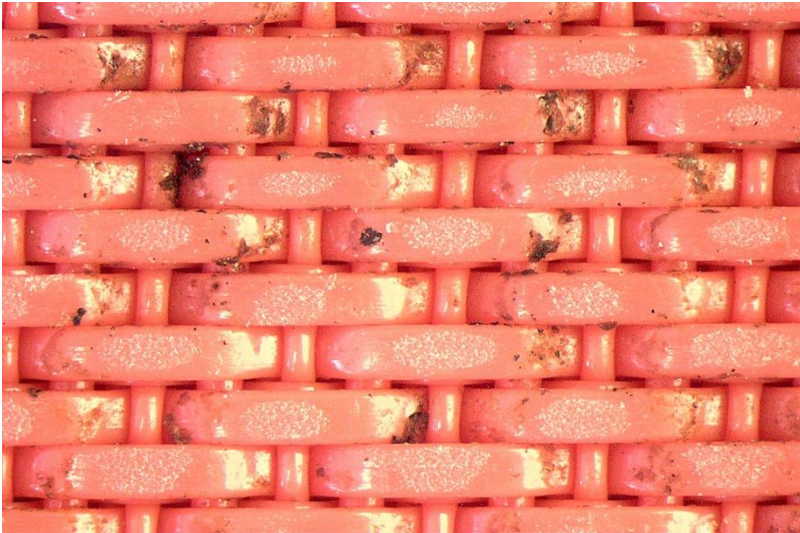
- Käytettävä pesupaine: 5 MPa
- Suutin malli: 0,9 mm rubiinisuuutin (pistesuuutin)
- Pesupinta: Kuivatusviiran paperipuoli
- Pesuetäisyys: 100 mm kuivatusviiran pinnasta
- Pesukulma: 90° kuivatusviiraan nähden.

Pesemättömän kuivatusviiran (kuva 33) pesukanavat ovat tukkeutuneet erilaisten likapartikkeleiden vuoksi. Näin ollen kuivatusviiran ilmanläpäisevyys on laskenut huonolle tasolle. Jo pelkkä visuaalinen tarkastelu osoittaa, että kuivatusviiran käyttöikä on tullut sen elinkaaren päähän tukkiintumisensa vuoksi.

Testipesuosiossa löydetyillä optimaalisilla pesuparametreilla pestyn kuivatusviiran (kuva 34) pinnasta saatiin poistettua valtaosan viiran pintaa tarttuneista likapartikkeleista. Kaikki likapartikkelit eivät kuitenkaan irronneet testatuilla pesuparametreilla, kuten kuvasta 34 voidaan havaita. Koivupihka ja erilaiset tahmoaineet tarttuvat tiukasti kiinni ja kuivuvat kuivatusviiran pintaan. Kuivatusviirujen puhtaanapito tulee helpottumaan, kun viiroja pestään säännöllisesti aivan niiden elinkaaren alusta alkaen. Säännöllisellä pesulla likapartikkelit eivät pääse tarttumaan kuivatusviiran pesukanaviin ja loimien väliin kiinni.



KUVA 33. Kuivatusviiran pesemätön alue, 0,63 x suurennos.



KUVA 34. Pesty kuivatusviira. 0,9 mm rubiinisuuutin, pesukulma 90° ja pesupaine 5 MPa, 0,63 x suurennos.

6.2 Kemikaalinlevitysjärjestelmä

Kemikaalinlevitysjärjestelmä jäi suunnittelun osalta vaillinaiseksi. Tämä johtui siitä, että kemikaalin toimittajan suorittamat testiajot Powerflute Oyj, Savon Sellun kuivatusviiroille viivästyivät niin paljon, että testituloksia ei saatu käyttöön vaadituissa aikaraameissa. Näin ollen ei saatu riittävästi tarvittavia tietoja puhdistuskemikaalin ominaisuuksista ja vaatimuksista suunnitteluvaiheeseen.

Suunnittelu toteutettiin yleisellä tasolla, jonka avulla järjestelmä voidaan kuitenkin myöhemmin tarvittaessa toteuttaa. Kemikaalin koostumus tulee määrittämään matalapainesuihkuputkessa käytettävät suuttimet ja lisäksi kemikaalin syöttämiseen tarvittavan annostelupumpun koon ja mallin.

6.3 Pesujärjestelmästä saatavat kustannussäästöt

Kuten kustannussäästölaskelmat osoittavat, kuivatusviiran pesujärjestelmä tulee alentamaan huomattavasti kustannuksia kuivatukseen tarvittavan höyryn määrässä. Kuivatusviirojen likaantuminen näkyy lisääntyneenä energian kulutuksena sekä kuivatusviirojen kulutuksena. Kustannussäästöjä saadaan lisäksi kuivatusviiran pidentyneestä vaihtovälistä saatavilla säästöillä.

Kuivatusviiran käyttöikä voi pidentyä kaksinkertaiseksi tai jopa kolmenkertaiseksi. Nykyään kuivatusviiran käyttöikä Savon Sellun kartonkikoneella on noin 9 kk. Tehokkaalla ja säännöllisellä kuivatusviirujen puhdistamisella viirujen käyttöikä voidaan saada jopa 18 kk. Tällä hetkellä kuivatusviirat on vaihdettava, ei niiden kulumisen tai repeytymisen vuoksi, vaan yksinkertaisesti siksi, että ne eivät enää ole riittävän läpäisykykyisiä.

Vuositasolla laskettuna kuivatusviiran pesujärjestelmällä voidaan saada höyrynkulutuksesta ja viiran käyttöiän pidentymisestä johtuen noin 500 000-700 000 € vuosittaiset säästöt. Kustannussäästöjä tulee lisäksi parantuneen kartonkikoneen ajettavuuden ja ratakatkojen vähentymisen ansiosta. Tämä edellyttää, että kuivatusviiran pesujärjestelmä on asennettu mahdollisemman monelle kuivatusryhmien viiroille, joilla on taipumusta radikaaliin ilmanläpäisyn alenemiseen erilaisten likapartikkeleiden vaikutuksista.

6.4 Järjestelmän toteutus

Ensimmäinen kuivatusviiran pesujärjestelmä toteutetaan 2- kuivatusryhmän yläkuivatusviiralle. Pesujärjestelmän paikka tulee olemaan (kuva 20) heti yläkuivatusviiran paluukierron alussa. Asennusteknisesti tämä paikka oli hyvin sopiva pesujärjestelmälle.

Ensimmäisessä pesujärjestelmässä tullaan käyttämään mahdollisimman paljon komponentteja, jotka löytyvät toimeksiantajalta valmiiksi. Nämä komponentit ovat korkeapainesuihkuputki, oskillaattori, vedenkeruukaukalo, korkeapainepumppu (3 MPa), pesuputkisto ja järjestelmän runkopalkit. Järjestelmä liitetään kartonkikoneen ohjausjärjestelmään suunnitellulla tavalla. Pesujärjestelmä kytketään kartonkikoneen ratakatkotietoon. Ratakatkon tullessa pesujärjestelmä lähtee pesemään automaattisesti kuivatusviiraa sille asetettujen rajojen mukaisesti. Lisäksi pesujärjestelmällä voidaan pestä kuivatusviiraa manuaalisesti pidemmissä huoltoseisokeissa. Tällöin pesujärjestelmä pesee kuivatusviiraa sen ryömiessä yhtäjaksoisesti halutun ajan.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Kemikaalin levitysjärjestelmän osalta suunnittelu tehtiin yleisluontoisesti ilman tarkkoja mittapiirustuksia, koska tarvittavia tietoja suunnittelun lähtökohdaksi ei saatu riittävän ajoissa.

Kokonaisuutena työ onnistuttiin tekemään kattavasti. Työn perusteella pystytään toteuttamaan toimiva kuivatusviiran pesujärjestelmä, jolla on merkittäviä hyötyjä kartonkikoneen ajettavuuden ja tuotantokustannusten kannalta.

Toteutettavan järjestelmän tulosten perusteella voidaan kuivatusviiran pesujärjestelmää kehittää myöhemmässä vaiheessa vieläkin optimaalisemmaksi kokonaisuudeksi. Kuivatusviiran pesujärjestelmästä olisi varmasti hyötyä myös monella muullakin paperia tai kartonkia valmistavalla koneella.

Kuivatusviiran pesujärjestelmän merkittävyyttä ei luultavasti ole osattu huomioida riittävällä painoarvolla, koska useasta tehtaasta järjestelmä puuttuu toistaiseksi kokonaan. Sijoituksena kuivatusviiran pesujärjestelmä suunnitellulla konseptilla toteutettuna on hyvin pieni. Vastaavasti järjestelmällä saatavat kustannussäästöt ovat kuitenkin hyvin merkittävät.

Tehtyjen suuntaa antavien laskelmien perusteella voidaan tulla johtopäätökseen, jonka mukaan kuivatusviiran pesujärjestelmä maksaa itsensä takaisin nopealla aikavälillä. Kuivatusviiran pesujärjestelmän tehokkaan toiminnan kannalta puhdistusjärjestelmä tulisi asentaa kaikille lian kannalta ongelmallisille kuivatusryhmille ja kuivatusviiroille. Tässä tapauksessa tehokas kuivatusviirojen puhdistus kaksin- tai jopa kolminkertaistaa kuivatusviiran käyttöiän. Puhtaat ja läpäisevät kuivatusviirat lisäävät lämmönsiirtoa, joka johtaa noin 5 % energiasäästöihin. Puhtaat kuivatusviirat mahdollistavat myös kartongin paremmat laadulliset ominaisuudet.

Kuivatusviiran pesujärjestelmän merkitys kasvaa kuivatusosalla, jossa kuivatusprosessin ohjaus on muiltakin osilta ongelmallista kuin pelkästään viirojen tukkeutumisen osalta. Suuri merkitys on esimerkiksi taskutuuletuksien toimivuudella. Taskutuuletusputkisto lisää kuivatuskapasiteettia ja aikaansaa hallitun ilmanvaihdon kuivatusosalla ja pienentää epätasaisen kuivumisen riskiä. Nopeuksien noustessa kuivatusviirat puhaltavat taskuihin enemmän ilmaa kuin niistä työntyy ulos. Ilmaylimäärä poistuu koneen poikittaissuunnassa huolto- ja käyttöpuolelle aiheuttaen paperirainan lepatusta, jos taskutuuletus ei toimi kunnolla. Kuumemmilla yläsyntereillä paperirainan yläpinnalta höyrystyy vettä kuivatusviiran läpi ja viirojen tukkoisuus heikentää

kuivatustehoa. Kuivatusvirojen pysyminen avonaisina on erityisen tärkeää toisessa ja kolmannessa kuivatusryhmässä, missä rainan lämpötila on noussut ja höyrystyminen tehostunut.

Opinnäytetyö oli ammatillisen kasvun kannalta hyvin opettavainen projekti. Työssä oli mukana useita sidosryhmiä, joiden kanssa tehtiin aktiivista yhteistyötä. Opinnäytetyössä tarvittiin hyvin monenlaista osaamista aina tuotekehityksestä 3D-mallintamiseen. Tämä opinnäytetyö toimii erittäin hyvänä lähtökohtana sujuvaan työelämään siirtymiseen.

LÄHTEET

Blücher www- sivut [viitattu 20.03.2011] Saatavissa:

<http://www.blucher.fi/www.nsf/brochures-fi.html>.

Hägglom-Ahnger, U ja Komulainen, P. 2000. Kemiallinen metsäteollisuus- Paperin- ja kartongin valmistus. UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniikan kurssikirja, 2003.

Knowpap, paperitekniikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö, [viitattu 30.3.2011]. Saatavissa:

http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/paper_technology/general/5_papermaking/frame.htm.

Lecher, How to choose the right shower / oscillator. 125. STAMM High-Pressure. Nozzle- Spray Showers with STAMM Oscillators, [viitattu 12.4.2011]. Saatavissa:

www.lechlerusa.com/pdfs/LCat300_Howtochoose.pdf

Marttila, T. 2006. Imu- ja uratelojen pesun tehostaminen. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Blacbelt - tiikerinloikka eteenpäin. Asiakaslehti, Metso Fabrics. Innofabrics by Tamfelt, 2008. Saatavissa:

http://www.tamfelt.fi/index.asp?id=56A9075F3C334EE89E28714D6A331450&data=1_00308B787886459385F296A5AFD4FA74,16334B4AC825428A84FC5D33ED754323&laytmp=tamfelt_sisa&target=self&spinningid=A86DFB0E27AC4BE28471BFE1D6964B64&tabletarget=top&pid=1138284489B5419C94030C2CADCEF246.

Oikeilla kudosvalinnoilla säästetään energiaa. Asiakaslehti, Metso Fabrics. Innofabrics by Tamfelt. 2009. Saatavissa: http://tamfelt.smartpage.fi/fi/innofabrics_209/.

Oy Brynolf Grönmark Ab www- sivut [viitattu 04.03.2011] Saatavissa :

<http://www.gronmark.com/index.php>.

Rutonen, T. 1999. Korkeapainesuihkujen ja reunapillisuihkujen toiminta paperikoneen viiraosalla. Opinnäytetyö. Lappeenrannan Teknillinen korkeakoulu, Kemianteekniikan osasto, Paperitekniikan laboratorio.

SGN- tekniikan www-sivut [viitattu 02.04.2011] Saatavissa:

http://www.sgntekniikka.fi/files/sgnieminen/suuttimet/Suutin_tarkea_osa_prosessia.pdf.

Stain, J, E, Jr. Needle shower preview highlights best approach to set up, operation, 1984. Saatavissa: www.xerium.com. Needle Shower Review.pdf.

Tampereen teknillisen yliopiston www-sivut [viitattu 19.4.2011]. Saatavissa:

<http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/index.php>.

UPM-Kymmene Oyj, teollisuusoppilaitos Lotila, Paperiprosessihoitajan perustutkinto, Paperitekniikan kurssi, luentomateriaali, 2002.

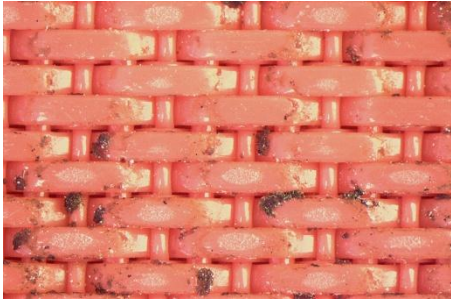
Safe handling of Dryer Fabrics. Voith Papers Fabrics. 2010. Saatavissa:

www.voithpaper.com.

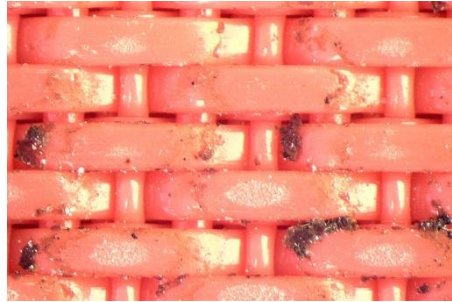
Valtanen, E. 2008. 16 painos. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy.

LIITE 1

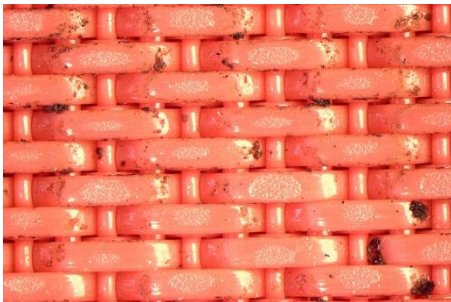
MIKROSKOOPPI KUVAT KUIVATUSVIIROISTA



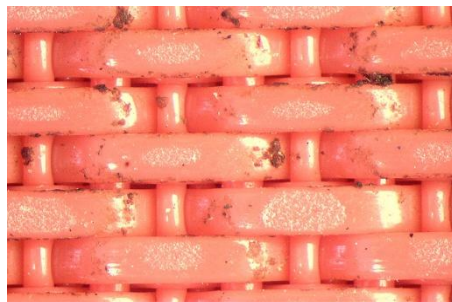
Viira Nro 1. 0.4mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 0.63



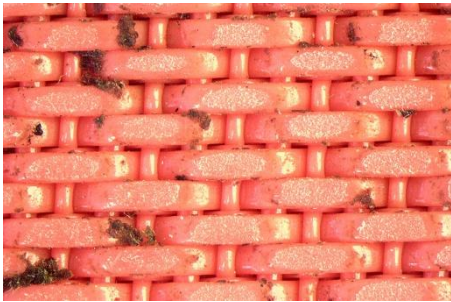
Viira Nro 1. 0.4mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1



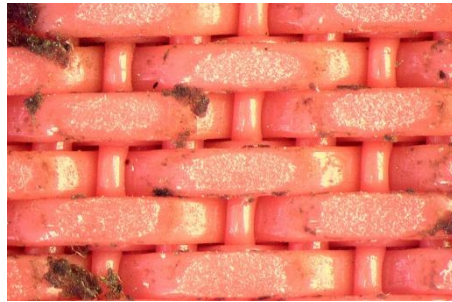
Viira Nro 1. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 0.63



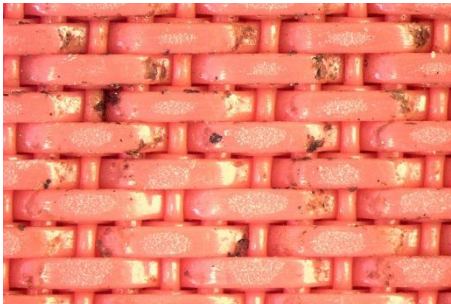
Viira Nro 1. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1



Viira Nro 3. 0.4mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 0.63



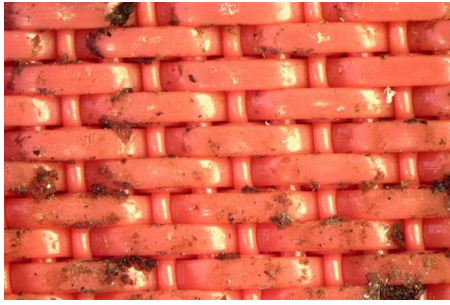
Viira Nro 3. 0.4mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1



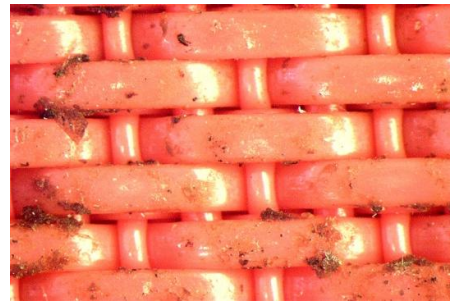
Viira Nro 3. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 0.63



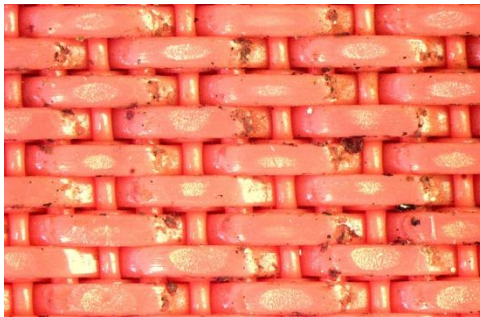
Viira Nro 3. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1



Viira Nro 4. 0.4mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 100mm X 0.63



Viira Nro 4. 0.4mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 100mm X 1



Viira Nro 4. 1.5mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 100mm X 0.63



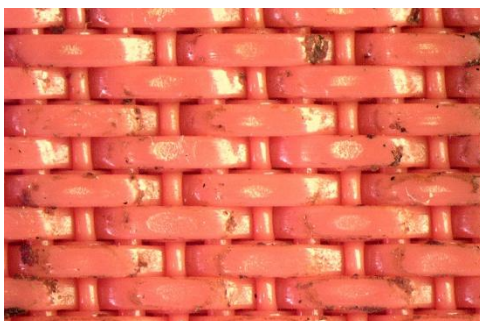
Viira Nro 4. 1.5mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 100mm X 1



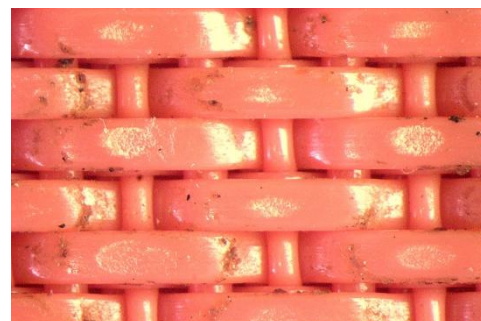
Viira Nro 5. 0.4mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 50mm X 0.63



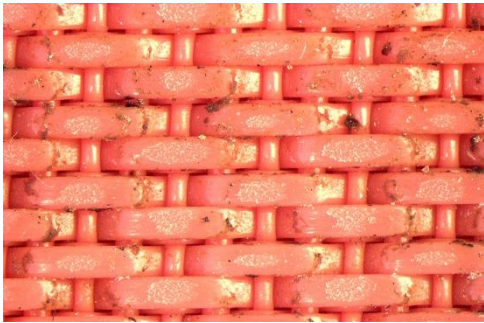
Viira Nro 5. 0.4mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 50mm X 1



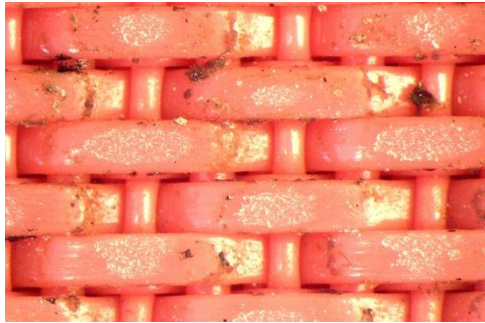
Viira Nro 5. 1.5mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 50mm X 0.63



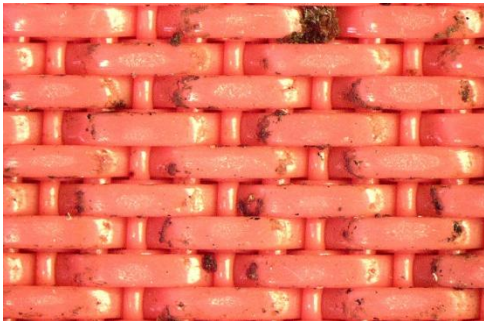
Viira Nro 5. 1.5mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 50mm X 1



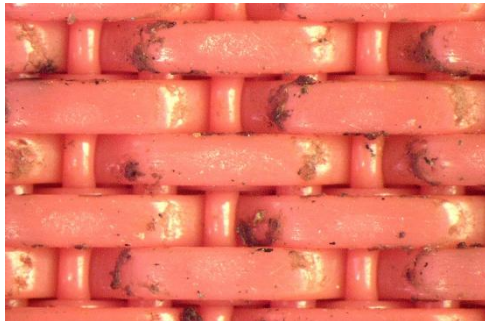
Viira Nro 6.0.9mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 0.63



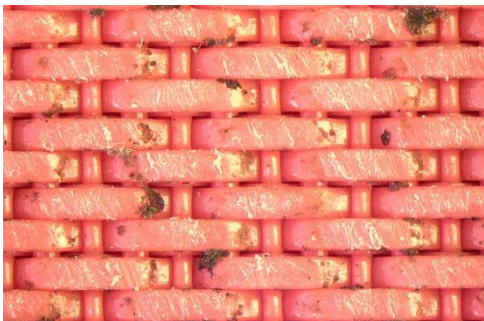
Viira Nro 6. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1



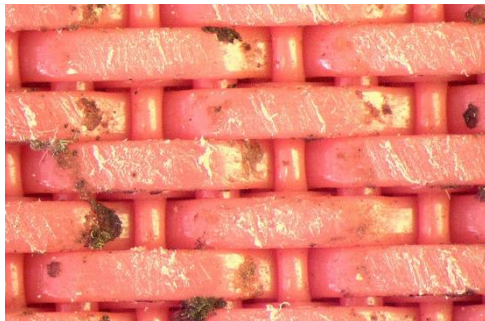
Viira Nro 6.1.5mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 0.63



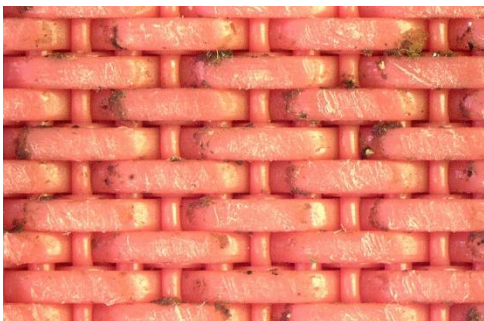
Viira Nro 6. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1



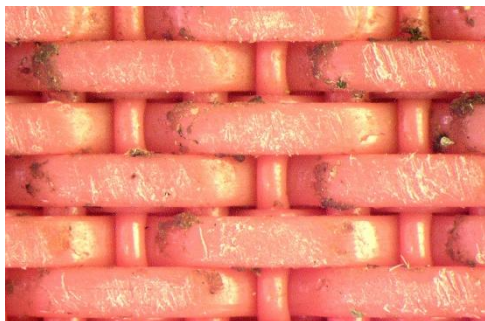
**Viira Nro 7.0.9mm Rubiini, 90 astetta,
100mm X 0.63**



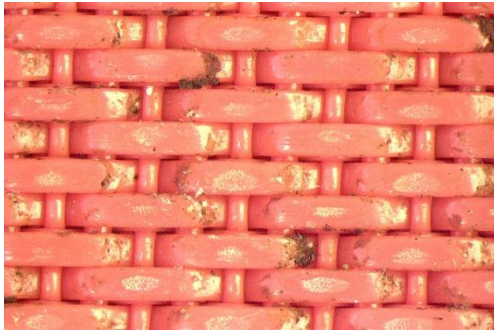
Viira Nro 7. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1



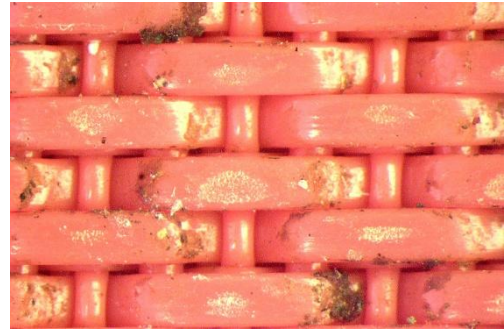
**Viira Nro 7.1.5mm Rubiini, 90 astetta,
100mm X 0.63**



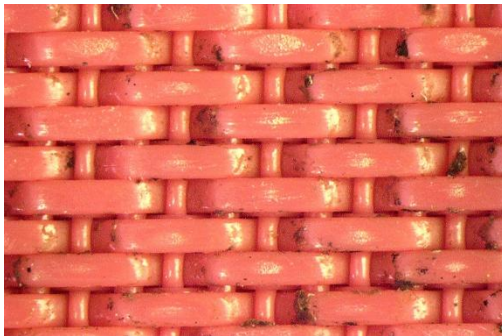
Viira Nro 7. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1



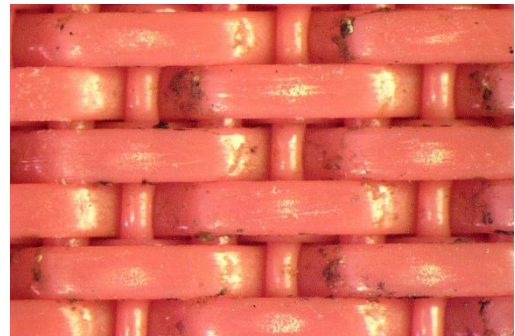
Viira Nro 8. 0.9mm Rubiini, 90 astetta,
150mm X 0.63



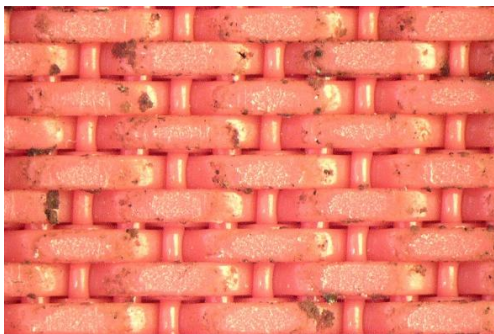
Viira Nro.8. 0.9mm Rubiini 90 astetta, 150mm X 1



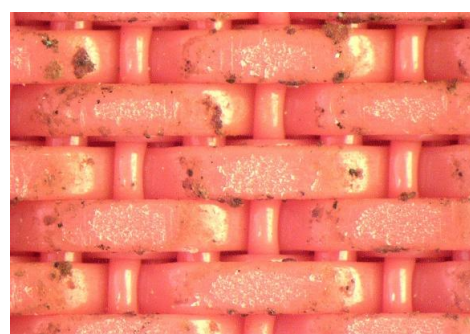
Viira Nro8. 1.5mm Rubiini, 90 astetta,
150mm X0,63



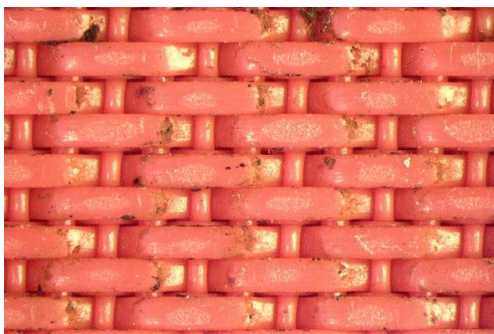
Viira Nro.8. 1.5mm, 90 astetta, 150mm X 1



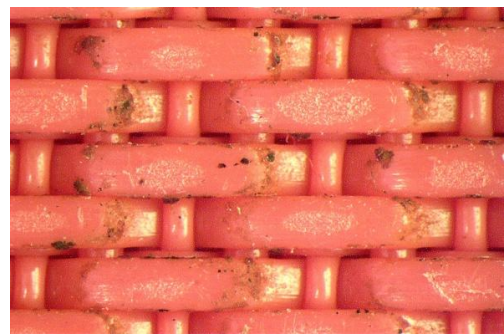
Viira Nro.9. 0.9mm Rubiini, 20 astetta vastaan,
100mm X0.63



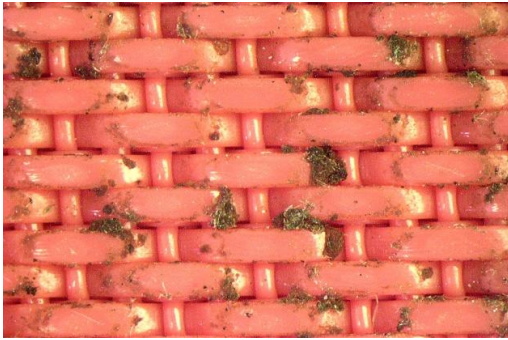
Viira Nro.9. 0.9mm Rubiini, 20 astetta vastaan, 100mm X 1



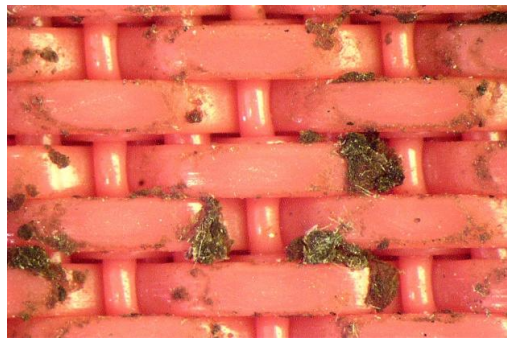
Viira Nro.9. 1.0mm levysuutin, 20 astetta vastaan,
100mm X 0.63



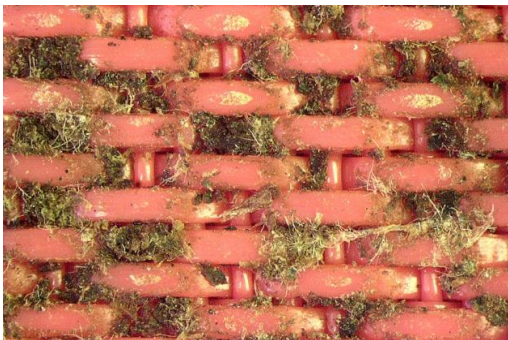
Viira Nro.9.1.0mm levysuutin, 20 astetta vastaan, 100mm X1



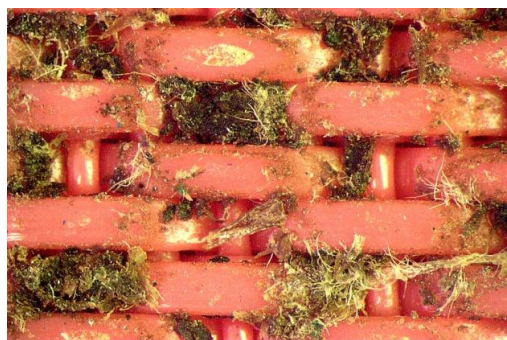
Viira Nro 10. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 0.63, 2,7 MPa



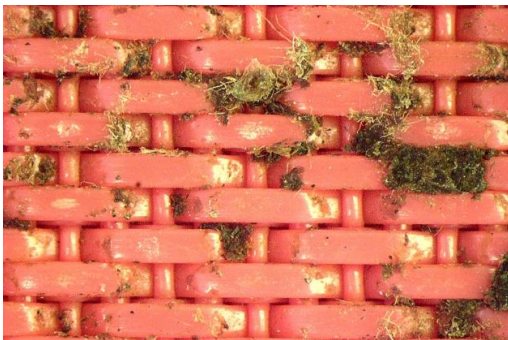
Viira Nro 10. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1, 2,7 MPa



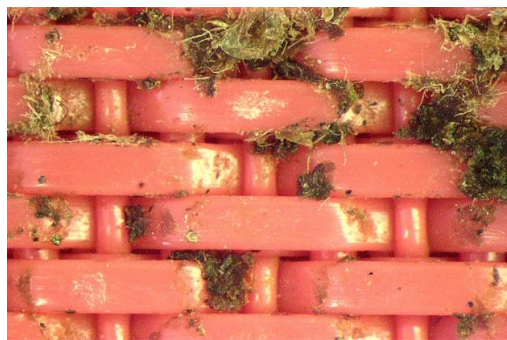
Viira Nro 10. pesemätön alue, 50mm X 0.63, 2,7 MPa



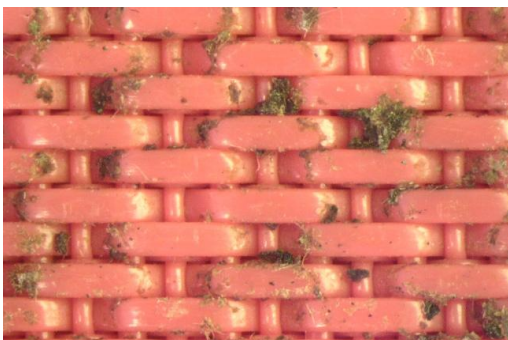
Viira Nro 10. pesemätön alue, 50mm X 1, 2,7 MPa



Viira Nro 12. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 0.63, taustapuolen pesu



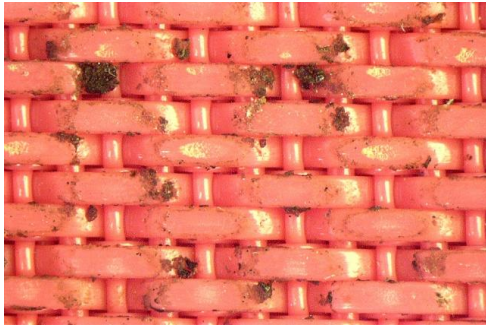
Viira Nro 12. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1,0 taustapuolen pesu



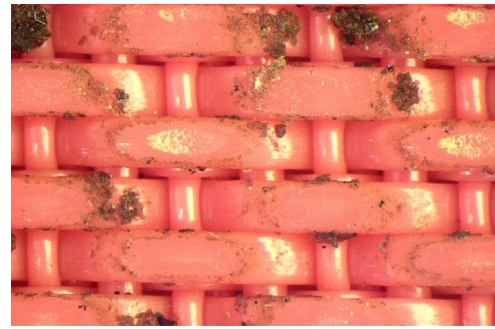
Viira Nro. 12. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 0.63, taustapuolen pesu



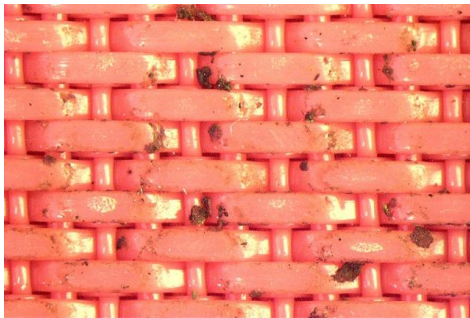
Viira Nro. 12. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 100mm X 1, taustapuolen pesu



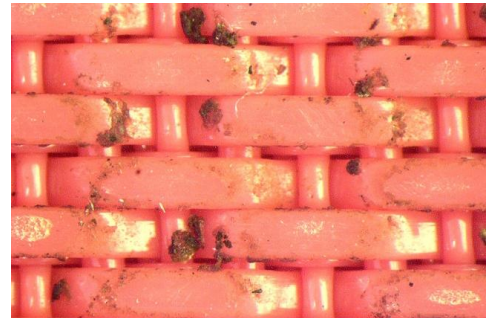
Viira Nro. 13. 0.9mm Rubiini, 30 astetta vastaan,
50mm X 0.63



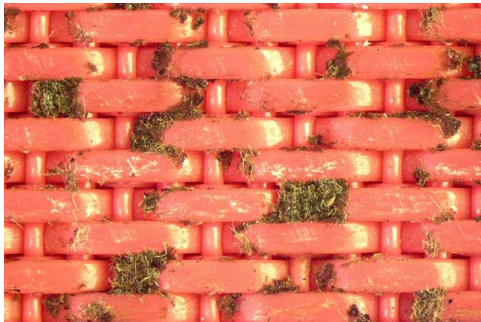
Viira Nro. 13. 0.9mm Rubiini, 30 astetta vastaan, 50mm X 1



Viira Nro. 13. 1.5mm Rubiini, 30 astetta vastaan,
50mm X0.63



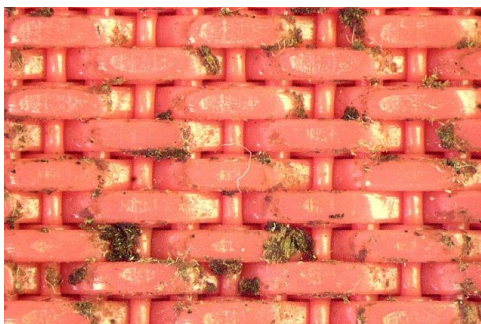
Viira Nro. 13. 1.5mm Rubiini, 30 astetta vastaan, 50mm X 1



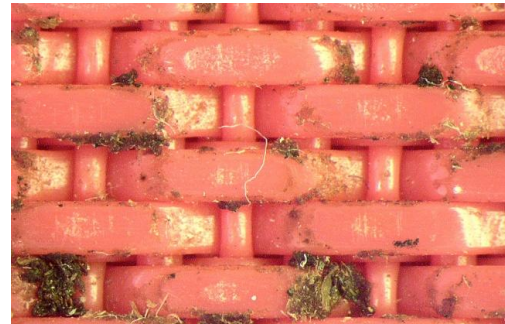
Viira Nro. 14. 0.9mm Rubiini, 90 astetta,
50mm X 0.63



Viira Nro. 14. 0.9mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1

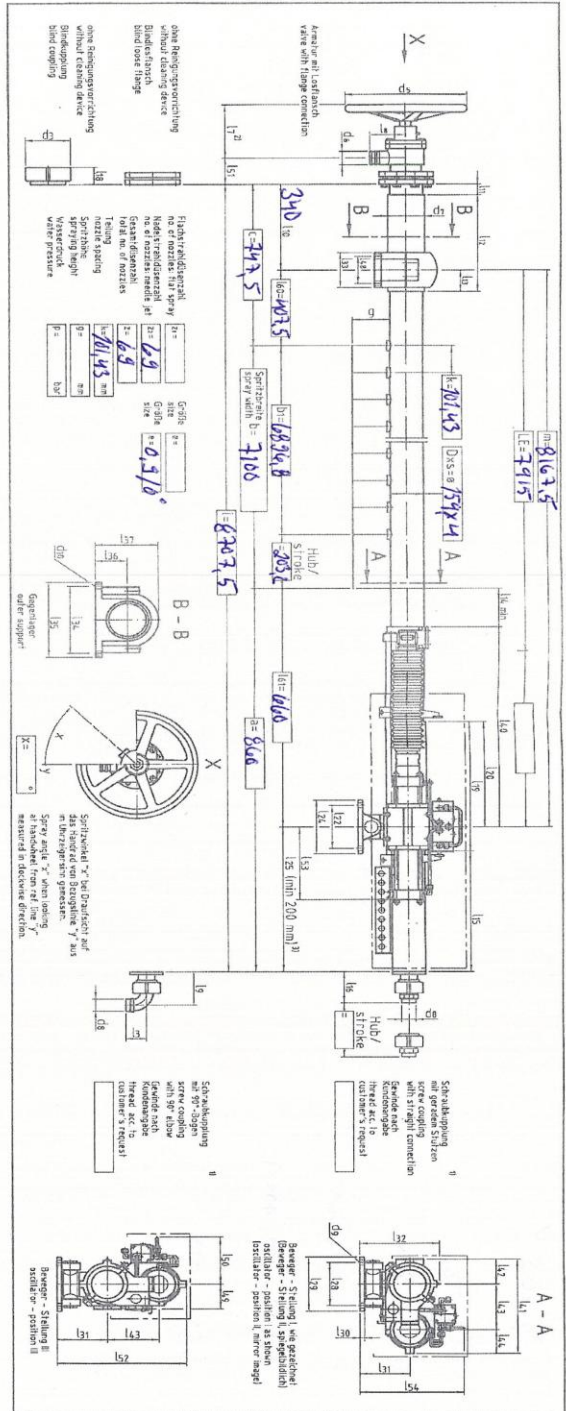


Viira Nro 14. 1.5mm Rubiini, 90 astetta,
50mm X 0.63



Viira Nro 14. 1.5mm Rubiini, 90 astetta, 50mm X 1

KORKEAPAINESUIHKUPUTUKEN MITTALEHTI, STAMM



Beweger kann mit waagrecht, Gerade schraub oder hübsend montiert werden.

The oscillator can be installed either upright or suspended with various mounting poles.

Gefäßgröße Spray gun size	Spritzrohr										spray pipe										Kopplung coupling				
	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀					
2"	54 x 2	280	50	60	72	205	100	35	45	30	280	290	195	360	260	360	360	235	460	380	105	120	50	45	90
2 1/2"	70 x 2	360	50	78	75	205	100	40	60	30	300	320	195	360	290	400	420	235	460	380	105	125	100	50	112
3"	89 x 3	360	50	99	78	205	120	40	80	50	320	360	175	360	290	420	460	215	480	380	105	135	105	60	130
4"	108 x 3	400	50	120	98	205	120	40	80	50	320	360	165	360	290	420	460	215	480	380	105	135	105	65	150
5"	133 x 4	500	50	148	108	205	120	40	90	50	320	360	155	360	290	420	460	215	480	380	105	135	105	65	150
6"	159 x 4	500	50	175	107	205	120	40	100	50	340	400	155	360	290	440	500	215	480	390	105	135	105	65	170

Die Spritzenventile können auch auf Gegenstücke montiert werden.

The oscillator can be mounted with the other side in the same way as the previous model. In this case, the 6° control valve and connecting valve are not required.

Gefäßgröße Spray gun size	Bewegungseinrichtung										oscillating device										Kopplung coupling				
	d ₁	d ₂	d ₃	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀					
2"	54 x 2	13	115	140	115	140	14	120	220	255	70	120	75	70	175	525	255	265	540	215	315	660	265	13	60
2 1/2"	70 x 2	13	115	140	115	140	14	126	210	245	80	140	75	80	175	540	300	265	540	215	315	660	265	18	60
3"	89 x 3	18	150	160	120	160	15	145	240	255	90	160	75	90	175	570	315	255	570	215	315	700	265	18	150
4"	108 x 3	18	180	200	160	200	15	165	270	255	95	170	90	95	180	600	330	245	600	215	315	750	265	18	150
5"	133 x 4	18	180	200	160	200	15	180	290	290	110	180	90	110	185	645	355	255	610	215	315	800	265	22	110
6"	159 x 4	18	180	200	160	200	15	195	330	330	115	195	90	125	185	690	385	255	610	215	315	860	265	22	110

Kunde: POWERFLUX SAWD SALLU
 Anfertiger / Auftraggeber: DYPER SEZNAN
 Einbaustelle: Dalm

METAL GIESSEN UND ARMATURENENRIK JENIČIĆ STAMM GmbH & Co. KG
 Industriestraße 20, D-72379 Sigmaringen
 Fon: +49 (0) 72 41 931 33 Fax: +49 (0) 72 41 32 25
 e-mail: info@stamm-stromer.com
 www.stamm-stromer.com



LIITE 3

POWERFLUTE OYJ, SAVON SELLU – TYÖTURVALLISUUSOHJE

Työturvallisuusohje kuivatusviiran pesujärjestelmän asennusta varten

- Savon Sellu Oy noudattaa tilaajavastuulain velvoitteita
- Tämän turvallisuusopastuksen sääntöjä on noudatettava tehdasalueella, riippumatta työn kestosta tai kuka on varsinainen työnantaja.
- Tehdasalueelle tuleminen ja siellä oleskelu on aina luvanvaraista.
- Valokuvaaminen ja videoiminen on sallittua vain erillisesti sovittaessa.
- Tarkemmat ohjeet itse työskentelystä ja työtavoista saa kulloisenkin työn Savon Sellun yhteyshenkilöltä
- Tupakointi on sallittu vain merkityillä paikoilla

SUOJARUSTUS:

- suojavaatetus
- turvajalkineet
- kypärä
- kuulosuojaimet
- silmäsuojaimet
- käsineet
- hengityssuojaimet
- muut suojaimet tehtävän mukaisesti

SELVITÄ ITSELLESI:

- Missä on lähin puhelin
- Missä on lähin hätäsuihku
- Hätäpoistumistiet
- Sammutusvälineistö
- Palovesiletku, sammutin jne

VIERAAT ESINEET:

- Estä kaikkien vierasesineiden joutuminen tuotteeseen (esim. metallinpalat, naulat, narut, nauhat, öljyt, betoni ja rasvat).
- Lasisten juomapullojen tuonti on kielletty tuotantotiloihin sirpaleriskin takia.

HYGIENIA:

- Tuotantotiloissa käytetään virallisia työvaatteita ja jalkineita, joita vaihdetaan riittävän usein puhtaisiin
- Ruokaile vain siihen varatuissa paikoissa
- Pidä pitkät hiukset kiinni turvallisuudenkin takia
- Älä koskettele tarpeettomasti kartonkia ja huolehdi käsihygieniastasi (saippuapesu riittää).

MUUTA:

- Työturvallisuuskortti oltava kaikilla
- Tulityökortti, tulitöiden tekijöillä
- Henkilökortti (työnantaja/ henkilöllisyys)
- Muut pätevyudet ko. työn mukaisesti
- Asiallinen valaistus
- Huomioitava liukkaus (pöly, rasva, vesi)
- Suojalaitteet paikoilleen
- Ilmanvaihto
- Putoamisvaara aukkojen suojaus (Tilapäisestikään aukot eivät saa jäädä suojaamatta)

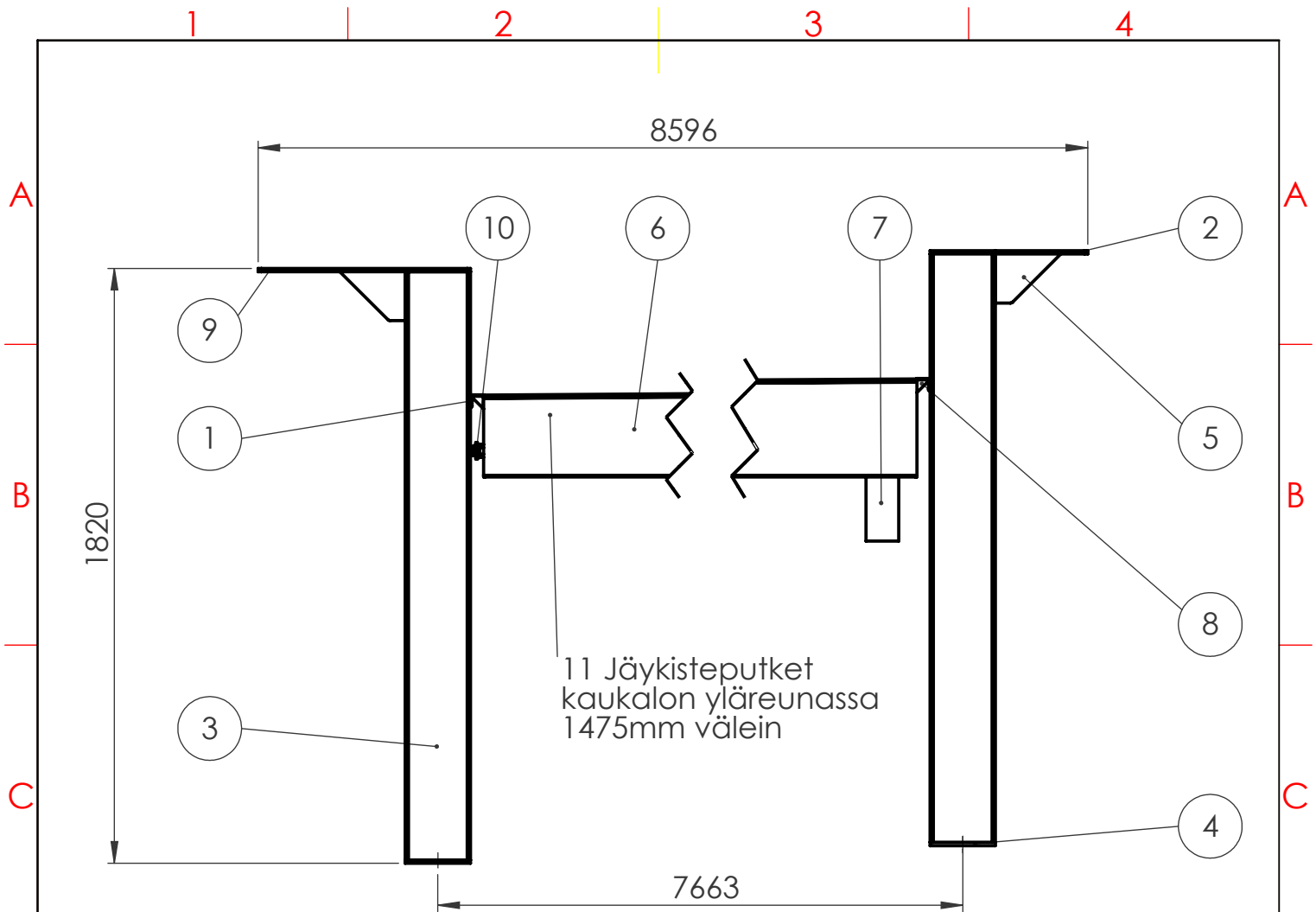
LIITE 4

TESTIPESUOSION MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Viira Nro.	SUUTIN MALLI	PINTA	mm	°	m ³ /m ² /h	m ³ /m ² /h	Uuden viiran ilmanläpäisy
			<u>PESU ETÄISYYS</u>	<u>PESU KULMA</u>	<u>Ilmanläisy ennen pesuja</u>	<u>Ilmanläpäisy pesujen jälkeen</u>	
1	0.4mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3537	8000
1	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3685	8000
3	0.4mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5823	8000
3	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	6025	8000
4	0.4mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4123	8000
4	1.5mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4112	8000
5	0.4mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4728	8000
5	1.5mm rubiini	Paperi	50	20 vastaan	1044	4664	8000
6	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	5175	8000
6	1.5mm rubiini	Paperi	50	90	1044	4970	8000
7	0.9mm rubiini	Paperi	100	90	1044	5628	8000
7	1.5mm rubiini	Paperi	100	90	1044	4927	8000
8	0.9mm rubiini	Paperi	150	90	1044	4804	8000
8	1.5mm rubiini	Paperi	150	90	1044	6515	8000
9	0.9mm rubiini	Paperi	100	20 vastaan	1044	4395	8000
9	1.0m levy	Paperi	100	20 vastaan	1044	4515	8000
10	0.9mm rubiini	Paperi	50	90	1044	3975	8000
12	0.9mm rubiini	Tausta	100	90	1044	6322	8000
12	1.5mm rubiini	Tausta	100	90	1044	5410	8000
13	0.9mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5570	8000
13	1.5mm rubiini	Paperi	50	30 vastaan	1044	5701	8000
14	0.9mm rubiini	Tausta	50	90	1044	6338	8000
14	1.5mm rubiini	Tausta	50	90	1044	4745	8000
15	lecher suutin	Paperi	50	90	1044	4222	8000

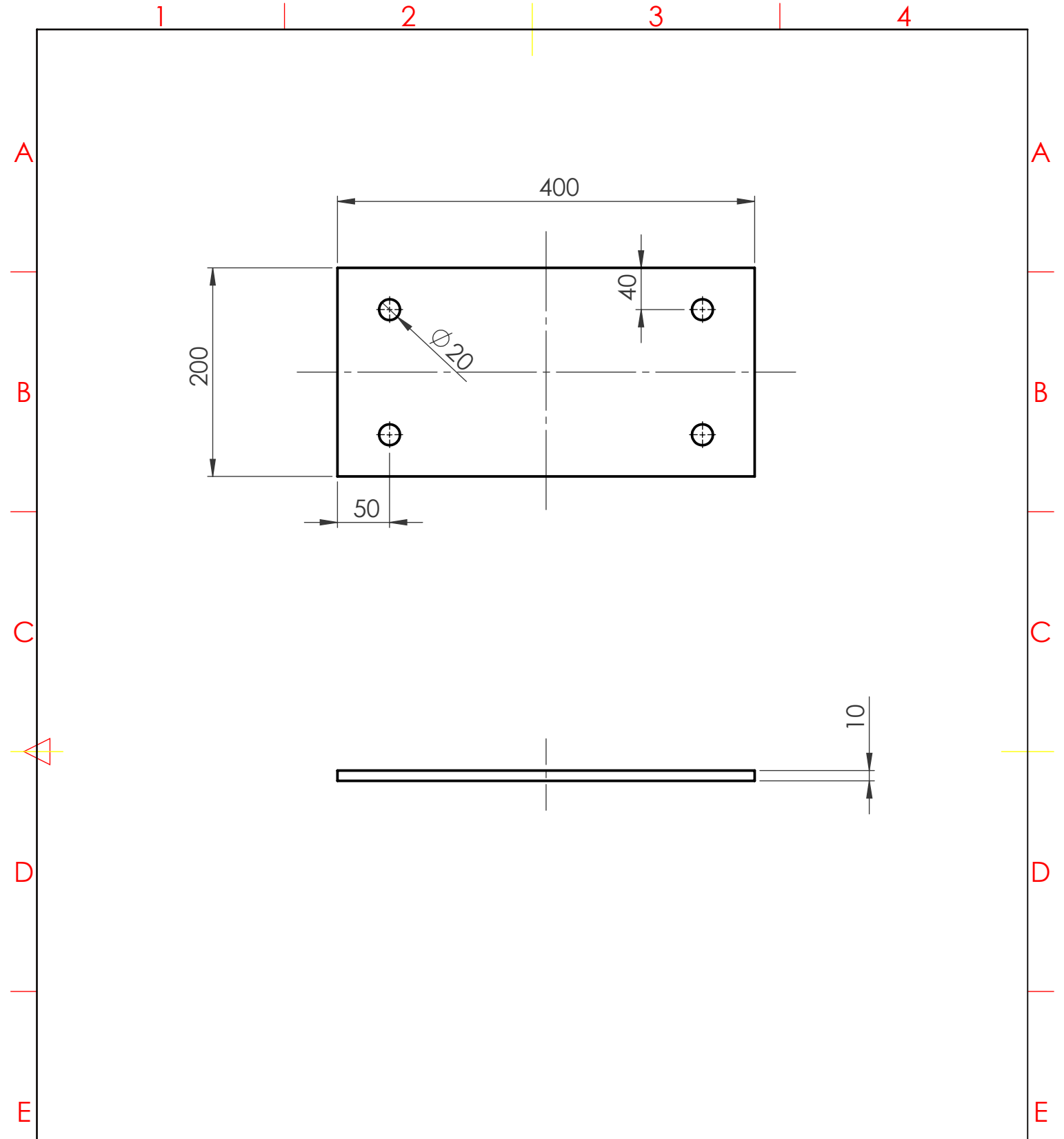
LIITE 5

PIIRUSTUKSET KUIVATUSVIIRAN PESUJÄRJESTELMÄSTÄ



Osa	Nimi	Muoto	Osanumero
1	Kaukalon kiinnitysrauta 2kpl	EN 1.4404 Kulmarauta 35x35	2000-6
2	Suihkuputken kiinnityslevy	EN 1.4404 Levy 15mm	2000-5
3	Runkopalkki 2kpl	Rakenneputki 200x200	2000-2
4	Runkopalkin tassu 2kpl	EN 1.4404 Levy 10mm	2000-1
5	Kiinnityslevyjen tuki 4kpl	EN 1.4404 Levy 10mm	2000-3
6	Liankeruukaukalo	EN 1.4404 Levy 4mm	2000-7
7	Vesiyhde	EN 1.4404 Putki 100mm	2000-9
8	Kaukalon kiinnityksen jäykistepala 4kpl	EN 1.4404 Levy 4mm	2000-8
9	Suihkuputken kiinnityslevy (Käyttöpuoli)	EN 1.4403 Levy 10mm	2000-4
10	HST Kynsiliitin 2kpl	R3/4" SK EK134V	Standardi
11	Jäykisteputki 4kpl	EN10217-7 21,3x1,6	Standardi

Yleistoleranssi		Mittakaava 1:100	Tuote Kokoonpanopiirustus	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmään	Nimitys Kuivatusviiranpesujärjestelmän runkorakenteen kokoonpanopiirustus	
Suunn.	Kt56998		Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen	Uusi
Hyv.		Massa 462 kg			Piirustusnumero 2000-11	

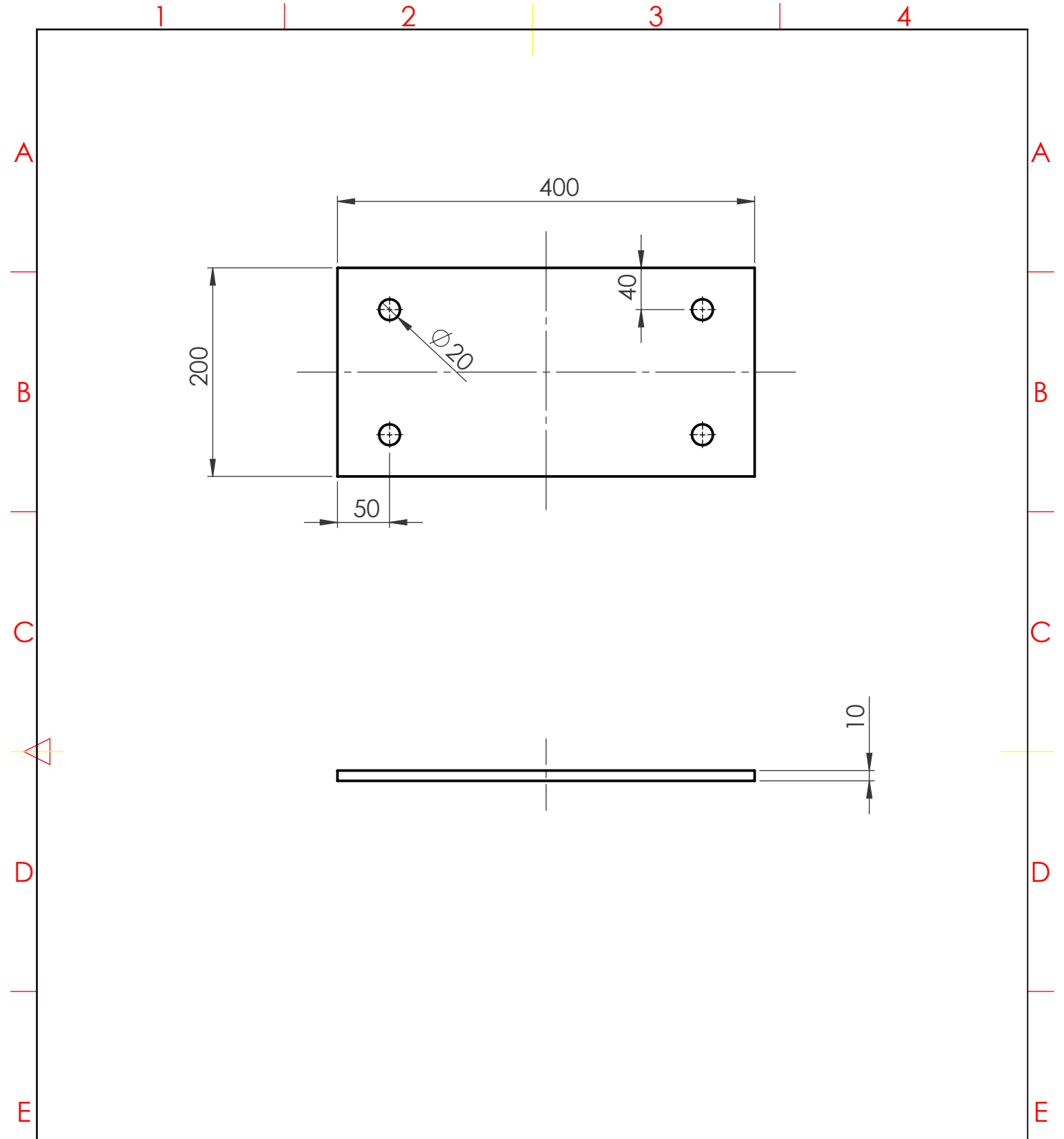


Hitsataan runkopalkkiin

Yleistoleransi		Miittakaava 1:5	Tuote Tassu	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Runkopalkin tassu	
Suunn.	kt56998		Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-1	

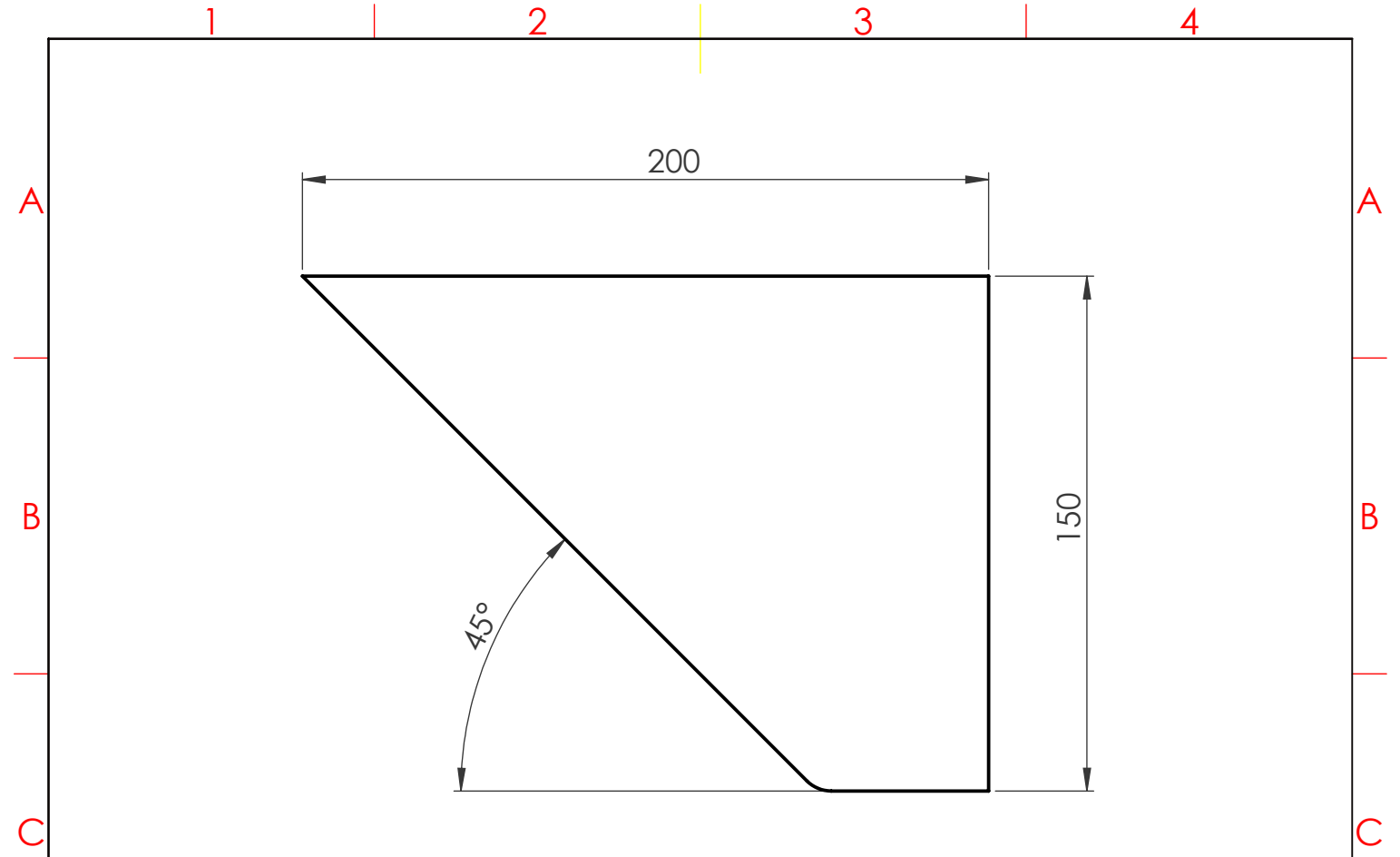
1

4



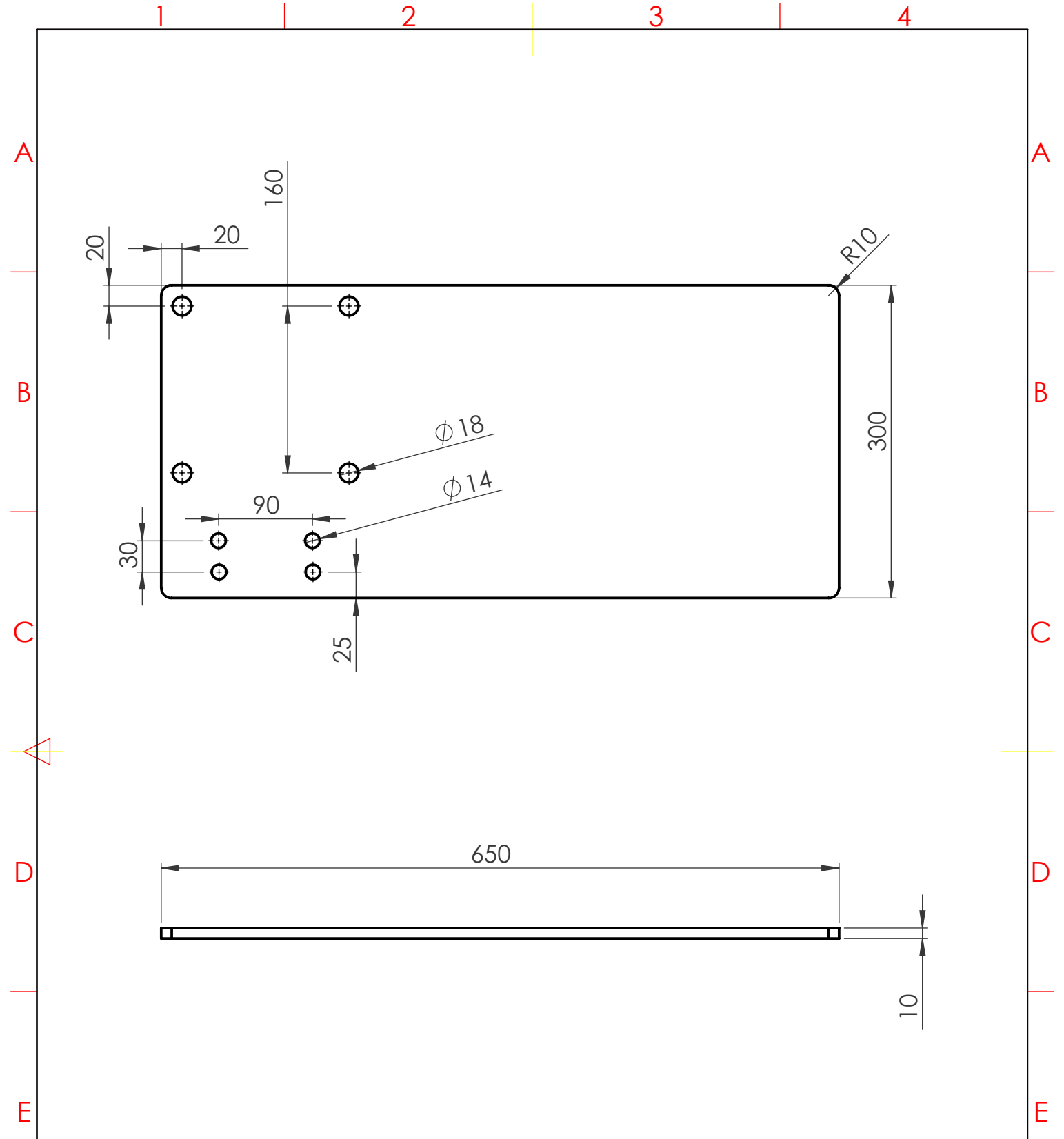
Hitsataan runkopalkkiin

Yleistoleranssi		Miittakaava 1:5	Tuote Tassu	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Runkopalkin tassu	
Suunn.	kt56998		Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-1	



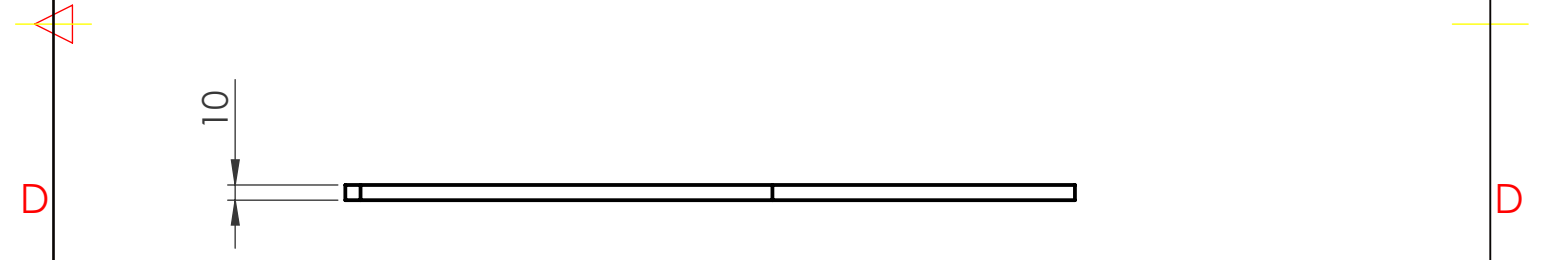
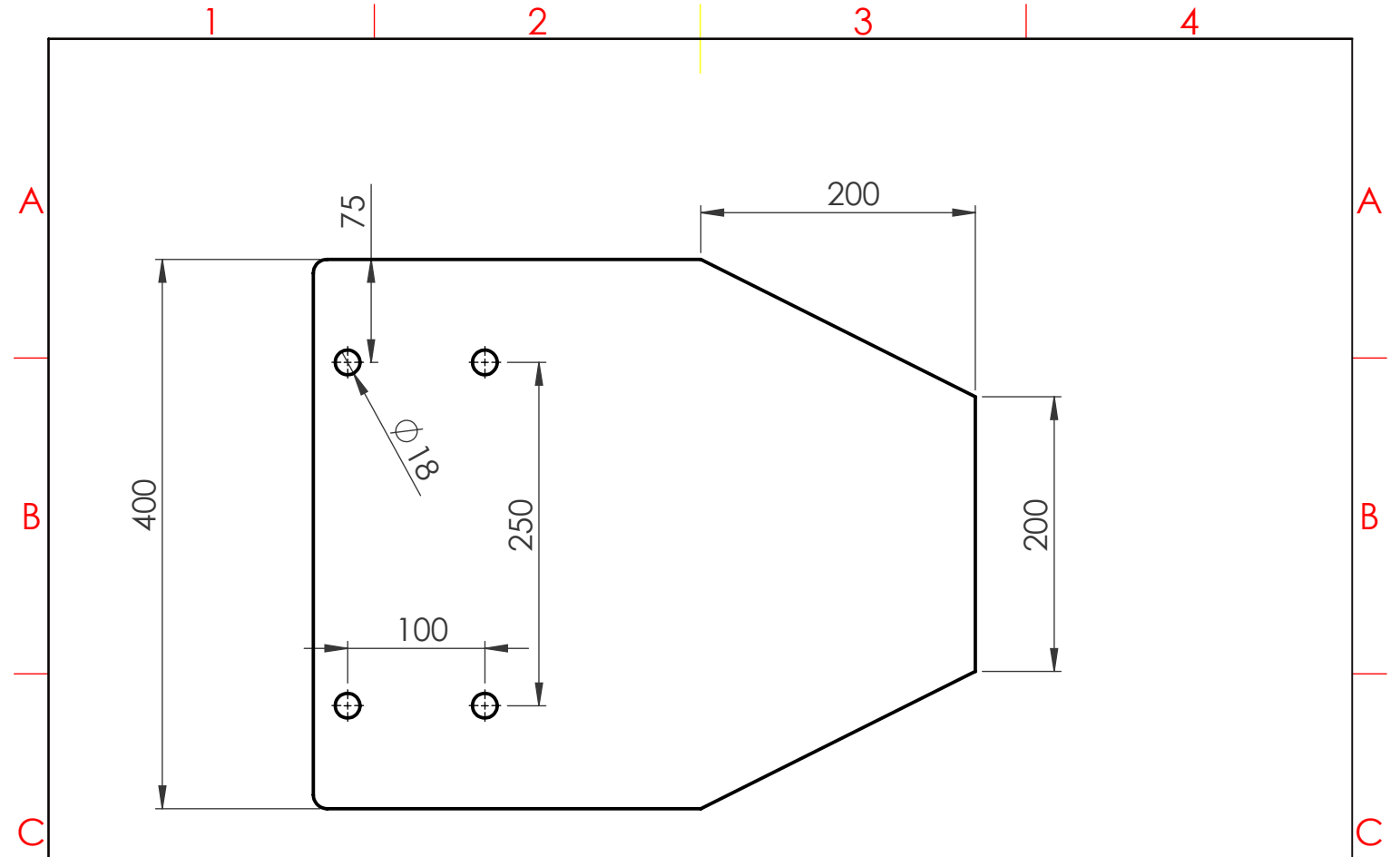
Samat tukipalat käyttö- ja hoitopuolen palkkeihin, hitsataan runkopalkkiin ja kiinnityslevyyn

Yleistoleranssi		Miittakaava 1:2	Tuote Tukipala	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Kiinnityslevyn tukipala	
Suunn.	kt56998				Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-3	



HUOM! Käyttöpuoli, hitsataan runkopalkkiin

Yleistoleranssi		Mittakaava 1:10	Tuote Kiinnityslevy	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Kiinnityslevy (käyttöpuoli)	
Suunn.	kt56998		 Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-4	

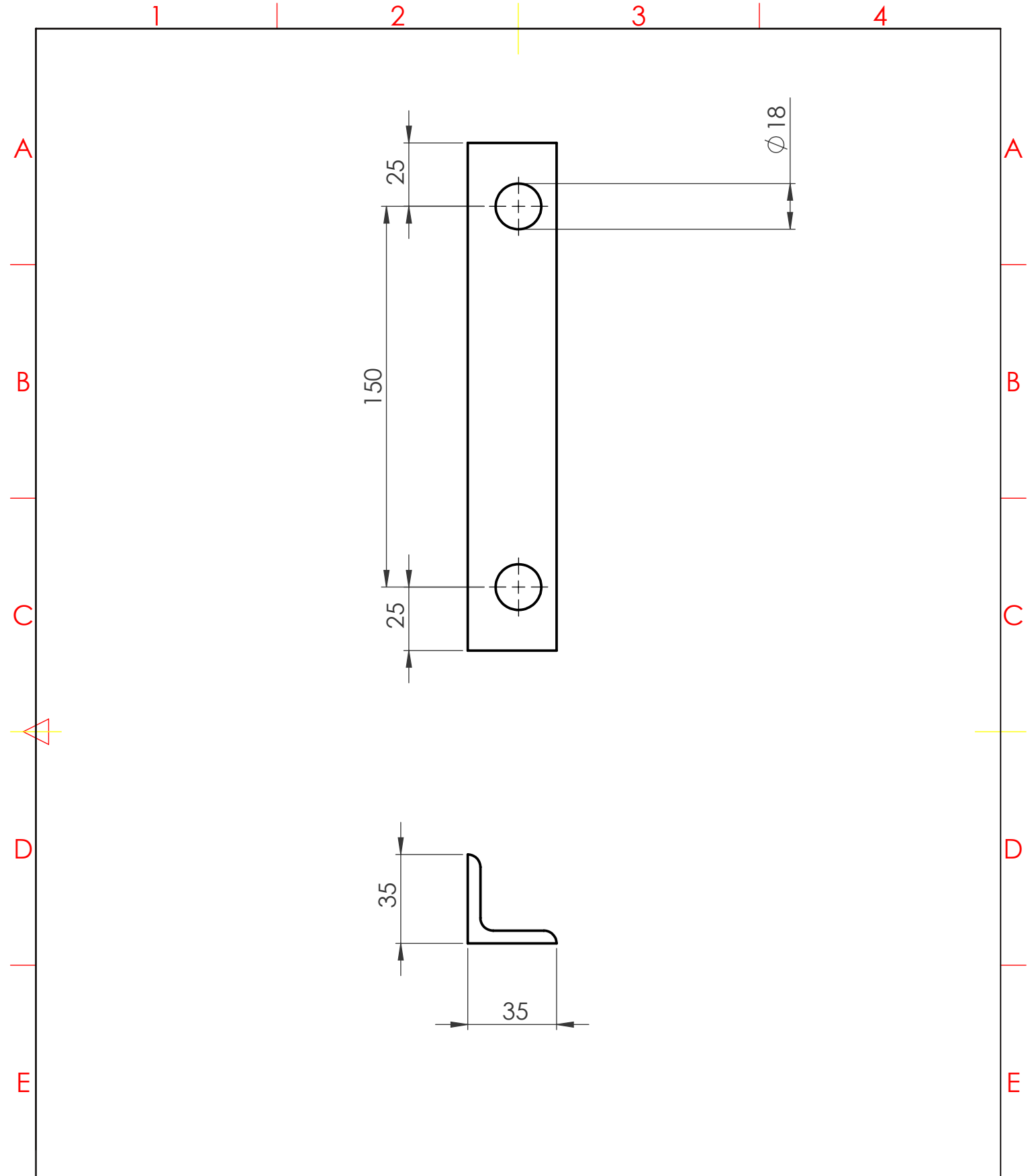


Hitsataan runkopalkkiin

Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:5	Kiinnityslevy	Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Kiinnityslevy	
Suunn.	kt56998				Entinen	Uusi
Hyv.		Massa			Piirustusnumero	2000-5
		kg				

1

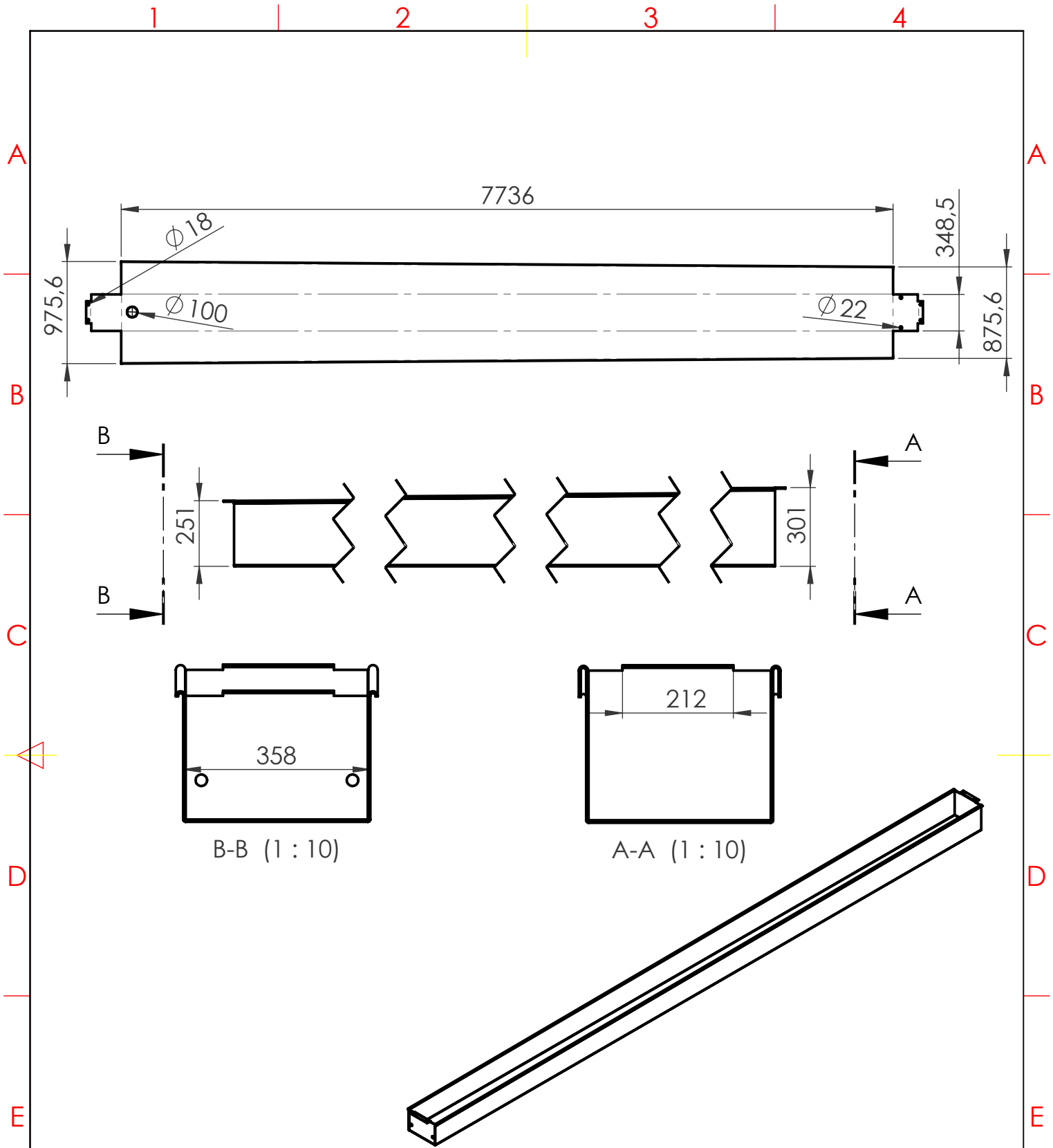
4



Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:2	Kiinnitysrauta	Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Kulmarauta	
Suunn.	kt56998				Entinen	Uusi
Hyv.		Massa			Piiustusnumero	
		kg				

1

4



Yleistoleranssi		Mittakaava 1:100	Tuote Liankeruukaukalo	Liittyy Kivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Liankeruukaukalo
Suunn. kt56998		Massa kg	Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen
Hyy.					Uusi
				Piirustusnumero 2000-7	

1

2

3

4

A

A

39

39

B

B

C

C

D

D

6

E

E

Hitsataan liankeruukaukaloön jäykistämään kiinnitys taitosta

Yleistoleranssi		Miittakaava 2:1	Tuote Jäykistepala	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Jäykistepala	
Suunn.	kt56998		 Savonia ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio		Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-8	

1

4

F

1

2

3

4

A

A

B

B

C

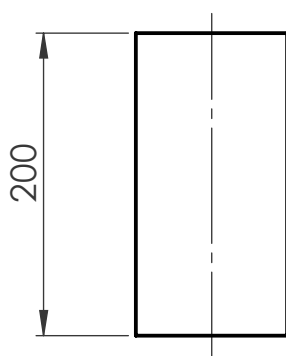
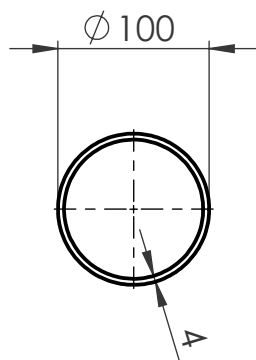
C

D

D

E

E



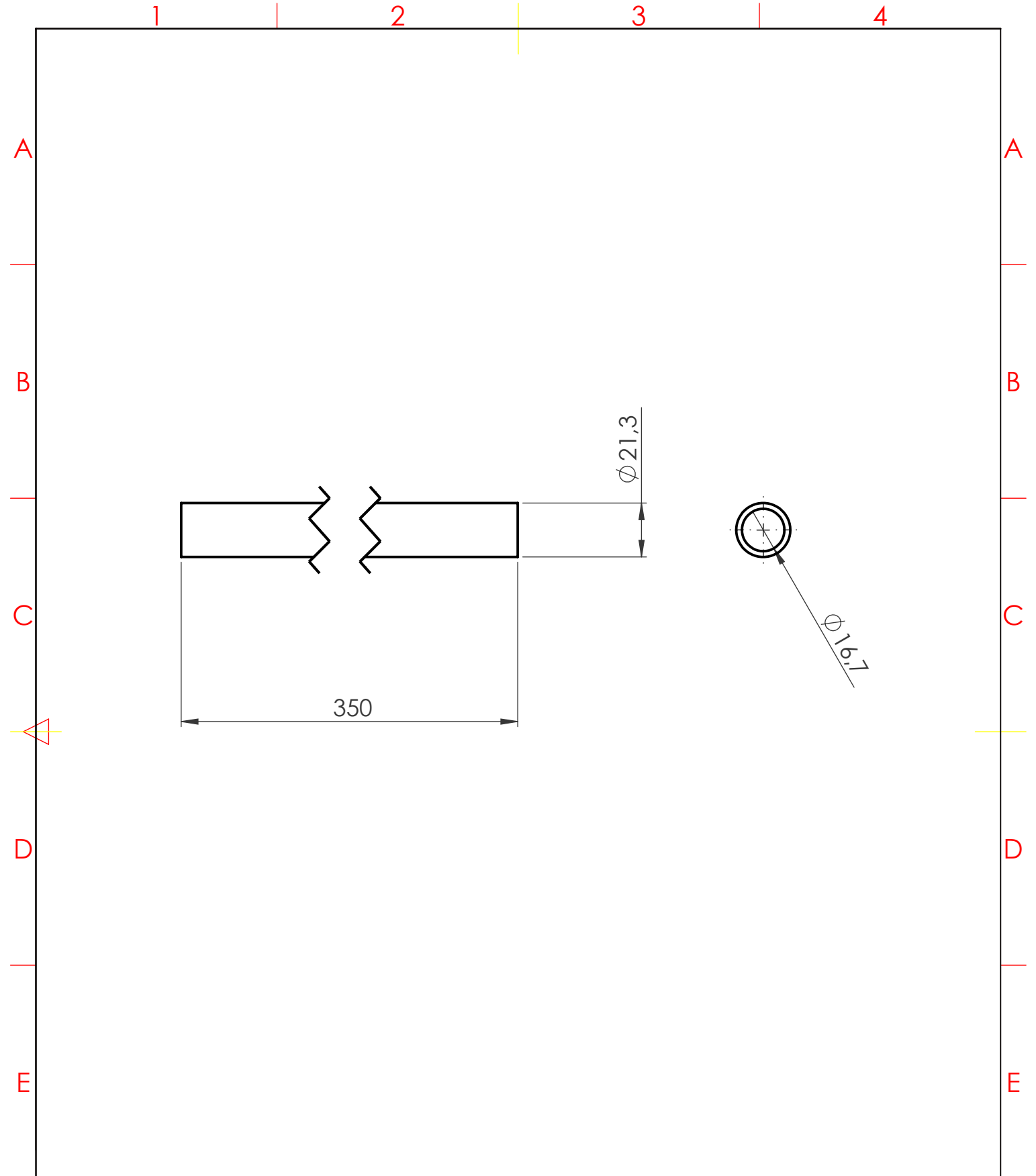
Hitsataan liankeruukaukaloon

Yleistoleranssi		Mittakaava 1:5	Tuote Vesiyhde	Liittyy Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Nimitys Vesiyhde	
Suunn.	kt56998				Entinen	Uusi
Hyv.		Massa kg			Piirustusnumero 2000-9	

1

4

F



Yleistoleranssi		Mittakaava	Tuote	Liittyy	Nimitys	
		1:2	Jäykisteputki	Kuivatusviiran pesujärjestelmä	Jäykisteputki	
Suunn.	kt56998				Entinen	Uusi
Hyv.		Massa			Piirustusnumero	2000-10
		kg				

1

4

www.savonia.fi

